

Clara Rajalehto, Oskari Huttunen, Timo Poutiainen,
Olli Rajalehto & Tanja Pelkonen

Materiaalivirtamurroksen ja Suupohjan kuljetuskäytävän potentiaali

Tekijät Clara Rajalehto
Oskari Huttunen
Timo Poutiainen
Olli Rajalehto
Tanja Pelkonen

Julkaisun nimi

Materiaalivirtamurroksen ja Suu-pohjan kuljetuskäytävän potentiaali

Rahoittaja

Hankkeen rahoittava viranomainen on Pirkanmaan liitto (Etelä-Pohjanmaan liitto). Hanke on rahoitettu Kestävää kasvua ja työtä 2014-2020 Suomen rakennerahasto-ohjelmasta.



Hanke rahoitetaan REACT-EU-välineen määrärahoista osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia.

Tiivistelmä

Globaalit materiaalivirrat ovat murroksessa ja toimitusketjujen kilpailukykytekijät muuttumassa. Materiaalivirtojen ja energiamurroksen ohella kuljetuskustannuksiin ja -reitteihin vaikuttaa esimerkiksi komponenttipula.

Materiaalivirtamurroksen ja Suupohjan kuljetuskäytävän potentiaali (MurSu) -hankkeen yleistavoitteena oli Etelä-Pohjanmaan kaupan ja teollisuuden kilpailukyyn turvaaminen. Keinona tähän nähtiin materiaalivirtamurroksen mahdollisuuksien tunnistaminen ja niiden jalostaminen liiketoimintamahdollisuuksiksi. Hankkeen keskiössä olivat globaalien kriisien – varsinkin koronan ja viimeisimpänä Ukrainan sodan – ja kehityskulkujen aiheuttamat muutokset materiaalivirroissa ja toimitusketjuissa, sekä näiden muutosten jäljittäminen, esiintuominen ja muutosten potentiaalin kartoittaminen.

Hanke kohdentui Suupohjan kuljetuskäytävään ja erityisesti 113 kilometriä pitkään, Seinäjoelta Kaskisten satamaan ulottuvaan Suupohjan rataan, jonka hyödyntäminen ja mahdollisuudet eri tavaralajien kuljettamisessa ovat keskeinen osa hanketta. Huonokuntoinen Suupohjan rata vaatii mittavaa peruskorjausta, ja sen liikennöinti on ollut viime vuosina lopetusuhan alla useaan otteeseen. Vaatimattomista liikennemääristä johtuen peruskorjaukselle ei ole nähty perusteluja, ja rataa on ylläpidetty erillisellä lisärahoituksella. Viime vuosina kuljetusmäärät ovat kuitenkin kasvaneet, eikä rataa luokitella enää vähäliikenteiseksi, Tilanne ei ole silti kestävä: radan heikko kunto ja epävarmuus sen tulevaisuudesta vaikeuttavat kuljetusten määrän kasvua, joka taas olisi keskeinen edellytys radan peruskorjaamiselle.

Hanke koostui neljästä työpaketista. Ensimmäisessä työpaketissa kartoitettiin Etelä-Pohjanmaan ja erityisesti Suupohjan kuljetuskäytävän materiaalivirtojen nykytila ja tarkasteltiin radan potentiaalia kuljetuskäytävänä. Tämä tapahtui tarkastelemalla muun muassa Kaskisten sataman vienti- ja tuontitilastoja, Suupohjan radan varren yrityksiä, Kaskisten sataman takamaa-alueen kuljetuspotentiaalia sekä länsirannikolle suunniteltujen tehdasinvestointien logistisia tarpeita. Tällä hetkellä Suupohjan radan kuljetukset ovat puukuljetuksia, merkittävin potentiaali löytyy puolestaan länsirannikon mahdollisista tehdasinvestoinneista.

Toisessa työpaketissa keskityttiin kuljetusvolyymeihin ja tuotekuljetusten potentiaaliin, sekä vertailtiin Suupohjan radan ja sille vaihtoehtoisen kuljetuskäytävän, radan kanssa rinnakkain kulkevan Kantatie 67:n, kannattavuutta eri liikennemääräskenaarioissa. Vertailun näkökulma oli yhteiskunnallinen ja se tehtiin rataa ja tiehen kohdistuvien investointien kautta. Kustannusvertailua tehtiin niin perusparannus-, ylläpito-, päästö- ja onnettomuuskustannusten kuin julkisen talouden näkökulmastakin.

Kolmannessa työpaketissa selvitettiin Suupohjan ratakäytävän toimijoiden eli sataman, maantie- ja rautatieliikenteen sekä yritysten osalta digitalisaation nykytila. Tarkastelussa havaittiin, että yrityksen koolla, henkilöstömäärällä ja liikevaihdolla on vahva positiivinen korrelaatio digitalisaation valmiustasoon ja kypsyysasteeseen. Sekä suuret että pienet yritykset voivat edistää digitalisaatiota, mutta ne kohtaavat erilaisia haasteita ja mahdollisuuksia. Tärkeintä on tunnistaa omat vahvuudet ja heikkoudet ja rakentaa strategia, joka sopii yrityksen kokoon ja toimialaan.

Neljännessä työpaketissa luotiin toimintolaskennan periaatteilla kustannusmalli rautatien ja maantien tavaraliikenteelle. Mallin avulla voidaan arvioida kuljetuspalvelun

kustannuksia sekä ostajan että operaattorin näkökulmasta, ja se mahdollistaa tavaraliikenteen yhteysvälikohtaisten kustannusten sekä liikennemäärien ennustamisen, mikäli vuotuiset kuljetustarpeet ovat tiedossa. Mallia hyödynnettiin maantie- ja rautatiekuljetusten kustannusten laskemiseen eri skenaarioiden mukaisille kuljetusmäärille.

Hankkeessa haastateltiin eteläpohjalaisten elintarvike-, teollisuus- ja logistiikkayritysten lisäksi myös rautatie- ja satamaoperaattoreita sekä viranomaisia ja asiantuntijoita. Haastatteluja tehtiin yhteensä yli 40.

Contents

TIIVISTELMÄ	III
1 JOHDANTO.....	1
1.1 Tavoite ja tausta.....	1
1.2 Toteutus ja menetelmät.....	2
1.3 Aiemmat selvitykset	4
2 WP1 MATERIAALIVIRTA-ANALYYSI.....	6
2.1 Vienti- ja tuontivirtojen nykytila	6
2.2 Kriisien vaikutukset	8
2.3 Suupohjan radan potentiaali	10
2.3.1 Radanvarren yritykset	13
2.3.2 Takamaan yritykset.....	15
2.4 Materiaalivirtamurros ja Suupohjan kuljetuskäytävän potentiaali: case- esimerkkinä Yaran Siilinjärven tehtaat	16
2.4.1 Yaran toiminta ja Siilinjärven tehtaat	16
2.4.2 Yara Siilinjärven kuljetukset	17
3 WP2 VOLYYMI JA TUOTEKULJETUSTEN POTENTIAALI	21
3.1 Tuotekuljetusten volyyymi, profiili ja potentiaali.....	22
3.2 Radan kustannukset	23
3.2.1 Perusparannus	23
3.2.2 Ylläpitokustannukset	25
3.2.3 Päästökustannukset	25
3.2.4 Onnettomuuskustannukset	26
3.2.5 Julkinen talous	27
3.3 Tien kustannukset.....	27
3.3.1 Päälystyskustannukset	27
3.3.2 Ylläpitokustannukset	28
3.3.3 Päästökustannukset	29
3.3.4 Onnettomuuskustannukset	29
3.3.5 Julkinen talous	29
4 WP3 TOIMITUSKETJUN DIGITALISAATION NYKY- JA TAHTOTILA	31
4.1 Digitalisaation tason seuranta	31
4.2 Digitalisaatio, digitaalinen transformaatio, teollisuus 4.0 ja teollisuus 5.0	31
4.3 Digitalisaation kypsyystaso.....	32
4.4 Digitalisaation valmiustaso	34
4.5 Digitalisaation kypsyystaso kohtaa digitalisaation valmiustason.....	35
4.6 Satamien digitalisaation nykytila.....	36
4.6.1 DigiPort	36
4.6.2 Portnet.....	37
4.6.3 Nemo.....	37
4.7 Maantieliikenne	38
4.7.1 Sähköiset kuljetustiedot.....	39
4.8 Raideliikenne.....	39

4.8.1	Digirata.....	39
4.8.2	ERTMS.....	40
4.9	Digitalisaation nykytila Suupohjan kuljetuskäytävän toimijoilla	40
5	WP4 KULJETUSKÄYTÄVÄVERTAILU.....	42
5.1	Rautatiekuljetusten kustannukset ja liikennemäärät.....	44
5.2	Maantiekuljetusten kustannukset ja liikennemäärät	47
6	TULOKSET JA YHTEENVETO.....	51
	LÄHDELUETTELO.....	55
	LIITTEET	66

Kuviot

Kuvio 1	Kaskisten sataman tuontitilastot yhteensä (Tilastokeskus, 2023a).	6
Kuvio 2	Kaskisten sataman merikuljetukset tavaralajeittain ja kuukausittain, tuonti (Tilastokeskus, 2023a).	7
Kuvio 3	Kaskisten sataman vientitilastot yhteensä (Tilastokeskus 2023a).	7
Kuvio 4	Kaskisten sataman merikuljetukset tavaralajeittain ja kuukausittain, vienti (Tilastokeskus, 2023a).	8
Kuvio 5	Tavaraliikenne vuosineljänneksittäin (1000 t) (Tilastokeskus, 2023b).	9
Kuvio 6	Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2022 (Väylävirasto, 2023a).	10
Kuvio 7	Raakapuun kuormauspaikat (tummanvihreä) ja lastauslaiturit (vaaleanvihreä) (Väyläpilvi, 2023).	12
Kuvio 8	Yaran nykyiset rautatiekuljetusreitit sekä rautatiereitti Kaskisiin (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 9.9.2023) (muokattu Väyläpilvi, 2023)....	19
Kuvio 9	Päivittäinen junaliikenne Suupohjan radalla eri skenaarioissa. ..	46
Kuvio 10	Vuotuiset kuljetuskustannukset Suupohjan radalla eri skenaarioissa.	47
Kuvio 11	Päivittäinen rekkaliikenne Kt 67:llä eri skenaarioissa.	49
Kuvio 12	Vuotuiset kuljetuskustannukset Kt 67:llä eri skenaarioissa.	50

Taulukot

Taulukko 1	Suupohjan radanvarsikuntien teollisuusinvestoinnit.....	14
Taulukko 2	Yara Siilinjärven tehtaiden tuotantokapasiteetit ja kaivoksen tuotantomäärät (Yara, 2023b).	17
Taulukko 3	Yara Siilinjärven vienti (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 12.9.2023)	18
Taulukko 4	Yara Siilinjärven tuonti (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 12.9.2023)	18
Taulukko 5	Liikennemääräskenaariot.....	22

Taulukko 6 Radan perusparannuksen suunnittelun ja rakentamisen kustannusarvio.....	24
Taulukko 7 Radan perusparannuksen kokonaiskustannusarvio.....	24
Taulukko 8 Radan vuotuiset ylläpitokustannukset.....	25
Taulukko 9 Energialähteiden tiedot (ISO 14083:2023).....	25
Taulukko 10 Rautatieliikenteen vuotuiset päästökustannukset.....	26
Taulukko 11 Tasoristeysonnettomuuksien vuotuiset kustannukset.....	26
Taulukko 12 Rautatieliikenteen vuotuiset verot ja maksut.....	27
Taulukko 13 Päivittäinen liikennemäärä Kt 67.....	28
Taulukko 14 Kt 67 päällystyksen kustannukset 30 vuoden aikana.....	28
Taulukko 15 Kt 67:n vuotuiset ylläpitokustannukset.....	29
Taulukko 16 Tieliikenteen vuotuiset päästökustannukset.....	29
Taulukko 17 Kt 67:n vuotuiset onnettomuuskustannukset.....	29
Taulukko 18 Kt 67:n liikenteestä aiheutuvat vuotuiset verotulot.....	30
Taulukko 19 Esimerkkejä valmiuden mittaamisesta digitalisaatiossa / DT:ssa 35	
Taulukko 20 Vaunukaluston massat (VR, 2023).....	45
Taulukko 21 Liikennemäärät Suupohjan radalla eri skenaarioissa.....	46
Taulukko 22 Kuljetuskustannukset Suupohjan radalla eri skenaarioissa.....	47
Taulukko 23 Ajoneuvoyhdistelmien massatiedot (Venäläinen & Poikelus, 2022). 48	
Taulukko 24 Päivittaiset liikennemäärät Kt 67:llä eri skenaarioissa.....	49
Taulukko 25 Kuljetuskustannukset Kt 67:llä eri skenaarioissa.....	50
Taulukko 26 Julkisen investoinnin kannattavuus.....	51
Taulukko 27 Kannattavuus huomioiden kuljetuskustannukset.....	53

Abbreviations

Kaavat

- (1) $\text{kgCO}_2\text{e} = \text{polttoaine} \cdot \text{polttoaineen päästökerroin}$ kgCO_2ekg ..26
- (2) $\text{polttoaine kg} = \text{kulutus (l/100km)} \cdot 100 \cdot \rho \cdot \text{kuljettu matka (km)}$...26
- (3) $\text{CO}_2\text{e intensiteetti} = \text{kgCO}_2\text{etkm}$26
- (4) $\text{kgCO}_2\text{e} = \text{sähkö kWh} \cdot \text{sähkön päästökerroin}$ $\text{kgCO}_2\text{ekWh sähköä}$ 26
- (5) $\text{Vuotuinen tasaerä} = (\text{Pf} - 1 + \text{in} \cdot \text{i1} + \text{in} - 1) \cdot \text{Vr1} + \text{in}$42
- (6) $\text{Pääomakustannus} = \text{tt} + \text{ts} + \text{tc} \cdot \text{Vf} \cdot (1 + \text{yleiskustannuslisä})$ 42
- (7) $\text{Ylläpitokustannus} = \text{s} \cdot \text{Vm} \cdot (1 + \text{yleiskustannuslisä})$ 43
- (8) $\text{Energiakustannus} = \text{s} \cdot \text{Ce} \cdot \text{Pe} \cdot (1 + \text{yleiskustannuslisä})$ 43
- (9) $\text{Henkilöstökulut} = \text{tt} + \text{ts} + \text{tc} \cdot \text{Vs} \cdot (1 + \text{yleiskustannuslisä})$ 43
- (10) $\text{Ratamaksu} = \text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{Vt}$44

(11)	$\text{Polttoainevero} = s \cdot c \cdot V_d$	44
(12)	$y = 157170 \cdot x - 0,659$	54
(13)	$a = 59,808 \cdot b - 0,082$	54

Do not remove this line! / Älä poista tätä riviä!

1 JOHDANTO

1.1 Tavoite ja tausta

Globaalit materiaalivirrat ovat murroksessa ja toimitusketjujen kilpailukykytekijät muuttumassa. Materiaalivirtamuutokset, energiamurros ja esimerkiksi komponenttipula vaikuttavat kuljetuskustannuksiin ja -reitteihin. Viime vuosina suuria muutoksia toimitusketjuihin ja logistiikkaan ovat aiheuttaneet muun muassa maailmanlaajuinen koronapandemia sekä tuoreimpana tekijänä Ukrainan sota. Muutokset heijastuvat, sekä suoraan että välillisesti, myös Etelä-Pohjanmaalle.

Materiaalivirtamurroksen ja Suupohjan kuljetuskäytävän potentiaali -hankkeen tavoitteena on turvata ja vahvistaa Etelä-Pohjanmaan kaupan ja teollisuuden kilpailukykyä tunnistamalla materiaalivirtamurroksen mahdollisuuksia ja jalostamalla niitä liiketoimintapotentiaaliksi. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on myös – kansallisen ja kansainvälisen ilmastopolitiikan tavoitteiden mukaisesti – edesauttaa raskaan tavaraliikenteen siirtymistä maanteiltä rautateille.

Hanke kohdentuu Suupohjan kuljetuskäytävään ja erityisesti 113 kilometriä pitkään, Seinäjoelta Kaskisten satamaan ulottuvaan Suupohjan rataan, jonka hyödyntäminen ja mahdollisuudet eri tavaralajien kuljettamisessa ovat hankkeen keskiössä. Vuonna 1913 valmistuneen, yksiraiteisen ja sähköistämättömän radan tilanne on jo pitkään ollut epävarma. Mittavaa peruskorjausta vaativan radan liikennöinti on ollut viime vuosina lopetusuhan alla useaan otteeseen. Vaatimattomista liikennemääristä johtuen peruskorjaukselle ei ole nähty perusteluja, ja Suupohjan rataa on ylläpidetty käyttökunnossa erillisellä lisärahoituksella. Heikkokuntoisella radalla on käytössä akselipaino- ja nopeusrajoituksia siten, että esimerkiksi tavarajunien maksiminopeus radalla on 40–60 km/h.

Suupohjan radan heikosta kunnosta ja sekä epävarmasta tulevaisuudesta huolimatta radan kuljetusmäärät ovat olleet viime vuodet nousussa pääosin lisääntyneen puutavaran kuljetuksen myötä. Radalla kulkevia puutavaramääriä lisäsi entisestään kokojunakuljetukset mahdollistava, kesällä 2020 toteutettu Teuvan liikennepaikan puutavaran lastausraiteen pidentäminen. Liikennemäärät ovat viime vuosina ylittäneet 300 000 tonnin rajan, joten rataa ei luokitella enää vähäliikenteiseksi.

Tilanne ei kuitenkaan ole kestävä. Radan huono kunto ja epävarmuus radan tulevaisuudesta vaikeuttavat kuljetusten määrän kasvua, joka taas olisi keskeinen edellytys radan peruskorjaamiselle. Vuodelle 2023 osoitettu 3,5 miljoonan euron

kunnossapitoavustus on auttanut pitämään radan tilapäisesti liikennöitävässä kunnossa, mutta on toisaalta vain lyhytaikainen ratkaisu.

Suupohjan radan ympärillä on tapahtunut viime aikoina paljon. Syyskuussa 2022 uutisoitiin Metsä Groupin käynnistävän esisuunnittelun uudesta taivekartonkitehtaasta Kaskisissa. Investointipäätös tehtaasta tehdään aikaisintaan vuonna 2024 (Metsä Group, 2022). Tehtaan tuomat kuljetusmäärät – jopa miljoona tonnia vuodessa – olisivat radan kannalta merkittävät ja varmistaisivat erittäin suurella todennäköisyydellä sen peruskorjaamisen. Vastaavasti toukokuussa 2023 Väylävirasto julkaisi tiedotteen (Väylävirasto, 2023b), jossa se kertoi harkitsevansa Suupohjan radan sulkemista kokonaan vuonna 2024. Kuntokartoituksen perusteella radan kunto on erittäin heikko ja Väylävirasto pitää radan sulkemista parhaana vaihtoehtona korjausten hinta-arvion ja liikennemäärien näkökulmasta. Väyläviraston hinta-arvio radan peruskorjauksesta ja sähköistyksestä oli 240 m€ (Väylävirasto, 2023b). Tuorein käänne Suupohjan radan tilanteeseen tuli syyskuun 2023 budjettiriihessä, kun radalle osoitettiin, Väyläviraston arviosta huolimatta, 5 m€ suunnittelurahaa (Valtiovarainministeriö, 2023).

24.2.2022 alkanut Ukrainan sota muistutti tehokkaasti siitä, että Suupohjan radan kunnossapito on myös huoltovarmuuskysymys. Rata päättyy Suomen läntisimpään satamaan, Kaskisten satamaan, ja turvaa osaltaan sataman yhteydet sisämaahan ja pääradalle. Kaskisten sataman kautta kulkee noin miljoona tonnia tavaraa vuodessa, ja satama on myös osa Euroopan laajuista TEN-T-liikenneverkkoa ja näin ollen merkittävässä roolissa Suomen yhteyksissä länteen. Ilman Suupohjan rataa Kaskisten sataman TEN-T-status on myös vaakalaudalla, millä on seurauksia koko Suomen tasolla. Viime vuosina länsirannikon merkitys on korostunut Ukrainan sodan ja alueelle suunniteltujen mittavien vihreän siirtymän tehdasinvestointien (Turun kauppakamari, 2023) myötä. Myös uudessa hallitusohjelmassa (Valtioneuvosto, 2023) korostetaan läntisten yhteyksien merkitystä ja tärkeyttä.

1.2 Toteutus ja menetelmät

Hankkeen toimenpiteitä toteutettiin kaikkiaan neljässä työpaketissa, joihin hankkeen tavoitteet oli jaettu ja joihin myös tämän raportin rakenne pohjautuu (luvut 2–5). Ensimmäisessä työpaketissa kartoitetaan Etelä-Pohjanmaan ja erityisesti Suupohjan kuljetuskäytävän materiaalivirtojen nykytila. Tämä tapahtuu tarkastelemalla muun muassa Kaskisten sataman vienti- ja tuontitilastoja, Suupohjan radan varren yrityksiä, Kaskisten sataman takamaa-alueen kuljetuspotentiaalia sekä länsirannikolle suunniteltujen tehdasinvestointien logistisia tarpeita.

Toisessa työpaketissa keskitytään kuljetusvolyymeihin ja tuotekuljetusten potentiaaliin, sekä vertaillaan Suupohjan radan ja sille vaihtoehtoisen kuljetuskäytävän, radan kanssa

rinnakkain kulkevan Kantatie 67:n, kannattavuutta eri liikennemääräskenaarioissa. Vertailun näkökulma on yhteiskunnallinen ja se tehdään rataan ja tiehen kohdistuvien investointien kautta. Kustannusvertailua tehdään niin perusparannus-, ylläpito-, päästö- ja onnettomuuskustannusten kuin julkisen talouden näkökulmastakin.

Kolmannessa työpaketissa selvitetään Suupohjan ratakäytävän nykyisten ja potentiaalisten toimijoiden – sataman, maantie- ja rautatieliikenteen sekä yritysten – osalta digitalisaation nykytila. Lisäksi pohditaan digitalisaation kypsäys- ja valmiustasojen mittaamista.

Neljännessä työpaketissa luodaan toimintolaskennan periaatteilla kustannusmalli rautatien ja maantien tavaraliikenteelle. Mallin avulla voidaan arvioida kuljetuspalvelun kustannuksia sekä ostajan että operaattorin näkökulmasta, ja se mahdollistaa tavaraliikenteen yhteysvälikohtaisten kustannusten sekä liikennemäärien ennustamisen, mikäli vuotuiset kuljetustarpeet ovat tiedossa. Mallia hyödynnetään maantie- ja rautatiekuljetusten kustannusten laskemiseen eri skenaarioiden mukaisille kuljetusmäärille.

Keskeisenä tiedonkeruumenetelmänä tutkimuksessa toimivat puolistrukturoidut teemahaastattelut, joita tehtiin yksilöhaastatteluin Teamsin välityksellä ja kasvotusten. Teemahaastattelu antoi mahdollisuuden käyttää haastattelutilanteessa joustavuutta käsiteltävien kysymysten ja aiheiden suhteen, mutta se auttoi myös teemojen myötä varmistamaan, että kaikki ilmiöön liittyvät keskeiset teemat tulivat esiin haastattelussa.

Haastattelut toteutettiin kesäkuun 2022 ja heinäkuun 2023 välisenä aikana. Niitä tehtiin yhteensä noin 40, määrän jakautuessa kutakuinkin tasan digitalisaation sekä materiaalivirtoihin ja Suupohjan rataan keskittymisen välillä. Digitalisaatio-osuudessa haastateltiin Etelä-Pohjanmaan pk-yrityksiä sekä Suupohjan kuljetuskäytävän eri toimijoita, ja Suupohjan radan tiimoilta haastateltiin muun muassa eteläpohjalaisia elintarvike-, teollisuus- ja logistiikkayrityksiä, rautatie- ja satamaoperaattoreita sekä viranomaisia ja asiantuntijoita. Valtaosa haastatelluista toteutettiin samanaikaisesti saman tutkimusryhmän toteuttaman Yhdistetyt kuljetukset osaksi Etelä-Pohjanmaan kestäviä ja älykkäitä toimitusketjuratkaisuja -hankkeen haastattelujen kanssa, sillä hankkeiden kohde- ja sidosryhmät olivat pääasiassa samat. Käytännössä haastattelut menivät niin, että niissä oli oma osionsa molemmille hankkeille. Lisäksi tehtiin yksittäisiä, täydentäviä täsmähaastatteluja liittyen tiettyyn teemaan tai aiheeseen. Hankkeen puitteissa käytiin myös tutustumassa vasta avattuun RRT-terminaaliin Kouvolassa eli alueella, jonka materiaalivirroissa Ukrainan sodan ja sen myötä Venäjän liikenteen loppumisen vaikutukset näkyivät varsin selkeästi.

1.3 Aiemmat selvitykset

Suupohjan rataa on tarkasteltu viimeisen noin kymmenen vuoden lukuisissa selvityksissä joko itsenäisesti (mm. Hellman, 2015; Iikkanen & Lapp, 2017, Iikkanen & Mukala, 2011; Koski, 2017) tai osana vähäliikenteisten, alle 300 000 tonnin vuosittaisen kuljetusmäärän omaavien ratojen selvityksiä (mm. Voutilainen, Peni-Nyman & Kiiskinen, 2020). Tuoreimmat selvitykset, Väyläviraston Seinäjoki–Kaskinen-radnan peruskorjaus: hankearviointi (Iikkanen & Lapp, 2021) sekä Ruralia-instituutin Suupohjan radasta vahvistuva kehityskäytävä – tavara- ja henkilöliikenteen mahdollisuudet ja aluetaloudelliset vaikutukset (Kujala ja muut, 2021) ilmestyivät pari vuotta sitten. Aiempien, usein toisiinsa kietoutuneiden ja toisiaan täydentävien ja kommentoivien selvitysten antia on referoitu kattavasti Ruralian raportissa (Kujala ja muut, 2021, s. 36–38)

Väyläviraston hankearvioinnin mukaan Suupohjan rata on elinkaarensa loppupuolella ja sen tekninen kunto on huono. Rata on kunnostettava pikaisesti, jotta liikennöintiä voidaan jatkaa. Kunnostus voitaisiin toteuttaa joko kattavalla tai kevennetyllä peruskorjauksella. Kattavan peruskorjauksen investoinninkustannuksiksi laskettiin tuolloin 159,6 miljoonaa euroa, ja vastaava luku kevennetyn peruskorjauksen kohdalla oli 40,6 m€ (Iikkanen & Lapp 2021, s. 33–34). Kattava peruskorjaus mahdollistaisi liikennöinnin jatkumisen 30 vuoden ajan ja tavarajunien nopeuksien noston 80 km:iin/h. Kevennetty peruskorjaus puolestaan sisältää välttämättömät korjaukset, jotka mahdollistavat radan liikennöinnin jatkumisen 20 vuoden ajan. Korjauksiin ei sisälly radan sähköistys. (Iikkanen & Lapp, 2021)

Suupohjan rataa käytetään lähes pelkästään raakapuun kuljetukseen, joten hyödyt muodostuvat raakapuukuljetusten kuljetuskustannussäästöistä ja vähäisistä liikenteen päästökustannussäästöistä. Puun kuljetusmäärät ovat hienoisessa kasvussa, mutta toisaalta radan liikenteeltä sulkemisen vaikutuksia metsäteollisuuden raakapuukuljetusten kustannuksiin voidaan pienentää puuvirtojen uudelleen suunnittelun avulla. Kaskisten sataman maakuljetuksista lähes kaikki hoidetaan maanteitse, eikä satamalla ole vahvoja rautatiekuljetuksia edellyttäviä kuljetusvirtoja. Radan takamaa-alueeltakaan ei katsota löytyvän sellaista suurteollisuutta, jolle Kaskisten satama olisi kilpailukykyinen vaihtoehto. (Iikkanen & Lapp, 2021)

Hankearvioinnin mukaan molemmat hankevaihtoehdot ovat yhteiskuntataloudellisesti erittäin kannattamattomia, ja niiden hyödyt ovat jopa haittoja pienemmät. Korjaus on kustannustehotonta sekä hiilidioksidipäästöjen vähentämisen että elinkeinoelämän kilpailukyvyyn parantamisen näkökulmasta. Arvioinnin mukaan yhteenlasketut hyödyt ovat pienempiä kuin yksin radan ylläpidon jatkamisesta aiheutuvat kunnossapitokustannukset, ja pienempiä kuin radan liikenteen jatkumisesta aiheutuvat

tasoristeysonnettomuuksien kustannukset. Radalla on 166 tasoristeystä, joiden turvallisuutta tulisi liikennemäärien kasvaessa parantaa merkittävästi. (Iikkanen & Lapp, 2021)

Ruralian tutkimusraportti (Kujala ja muut, 2021) on osa Suupohjan radasta vahvistuva kehityskäytävä -hanketta. Hankkeessa etsittiin ja tuotettiin ratkaisuja radan tavaraliikenteen lisäämiseksi sekä selvitettiin henkilöliikenteen käynnistämisen edellytyksiä. Lisäksi arvioitiin radan aluetaloudellisia vaikutuksia kolmessa tulevaisuuden liikennemääräskenaariossa. Mahdollisina kehityskulkuina nähtiin radan sulkeminen liikenteeltä, liikennemäärien realistinen kasvu sekä liikennemäärien optimistinen kasvu. Raportin lopputulema on Väyläviraston hankearviointia positiivisempi, mutta tosiasiat tunnustava: rata tarvitsee lisää liikennettä, jotta sen olemassaolo voidaan turvata. (Kujala ja muut, 2021)

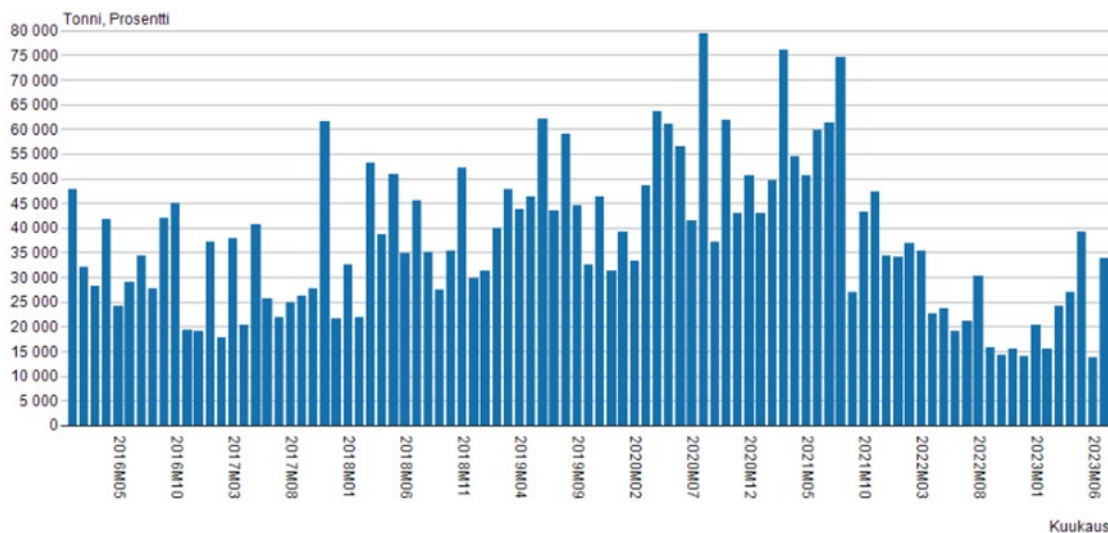
Tavaraliikenteen kehittäminen ja lisääminen on siis Suupohjan radalle elinehto. Avainasemassa ovat erityisesti hyvin puutavarakuljetukset, joiden mahdollisuuksien edistämiseen hankkeessa keskityttiin. Tärkeänä edistysaskeleena nähtiin varsinkin Teuvan liikennepaikan puutavaran lastausraiteen pidentäminen, joka mahdollistaa kokojunakuljetukset. Hankkeessa tunnistettiin, että radan tavarakuljetusten lisäämisellä on vahva yhteys Kaskisten sataman vientiin ja tuontiin sekä siihen, millaiseksi satama jatkossa uudistuu ja kasvaa. Hankkeessa pohdittiinkin myös satamaan kohdistuvien kuljetusten lisäämisen mahdollisuuksia esimerkiksi uusien tuote-erien, meno-paluukuljetusten ja konttiliikenteen osalta. (Kujala ja muut, 2021)

Aluetaloudellisten vaikutusten arvioinnin mukaan radan sulkemisella olisi negatiivisia vaikutuksia rataa ympäröivään aluetalouteen. Sen sijaan liikennemäärän lisääntyminen realistisen kasvuskenaarion mukaan tarkoittaisi etenkin rata-alueen metsätaloudelle piristysruisketta ja työmahdollisuuksia, mikä heijastuisi myös muualle talouteen. Suurimmat positiiviset vaikutukset rata-alueelle toisi optimistinen kasvuskenario, ja henkilöliikenteen käynnistämisen myötä positiiviset talous- ja työllisyysvaikutukset voisivat edelleen kasvaa. Alueellisessa bruttokansantuotteessa radan sulkemisen ja optimistisen kasvun skenaarioiden välillä on vuositasolla suurimmillaan yli 30 miljoonan euron ero, ja työllisyydessä vastaava ero on noin 140 henkilötyövuotta. Lisäksi kasvuskenarioissa liikenteen päästöt laskisivat liikenteen siirtyessä enemmän maanteiltä rautateille. Valtaosa Suupohjan alueelle kohdistuvista radan aluetalousvaikutuksista kertyy metsätalouden muutoksista. (Kujala ja muut, 2021, s. 36–38)

2 WP1 MATERIAALIVIRTA-ANALYYSI

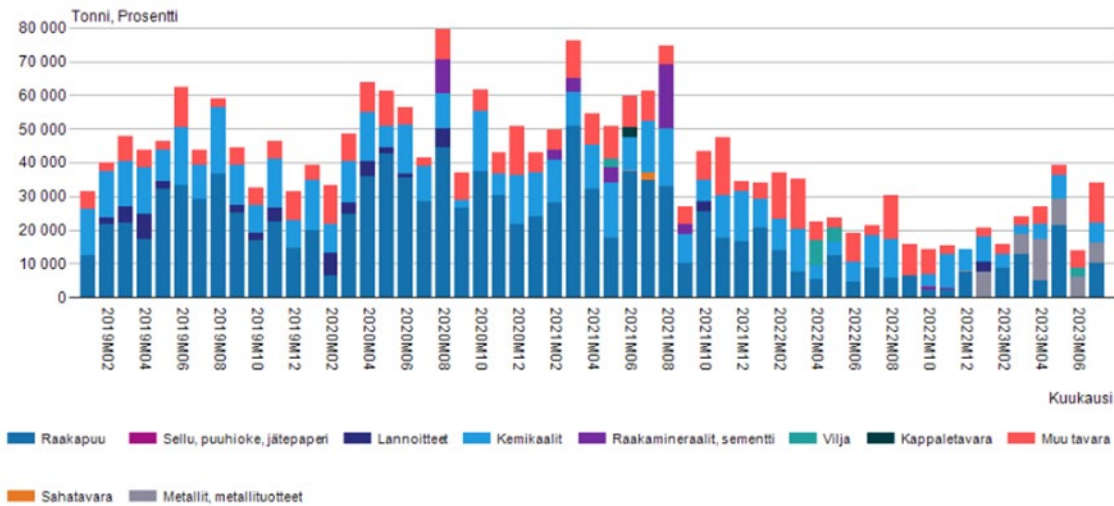
2.1 Vienti- ja tuontivirtojen nykytila

Kaskisten sataman tuontimäärät olivat nousussa noin vuodesta 2017 vuoden 2021 loppuun asti, jonka jälkeen tuontimäärät tippuivat selkeästi (Tilastokeskus, 2023a). Kuvio 1 esittää kriisien vaikutukset materiaalivirtoihin. Tuontitilastoa tarkasteltaessa COVID-19 pandemiolla ei vaikuta olleen negatiivisia vaikutuksia. Päinvastoin, pandemian aikana (2020-2022) tuonti on jatkunut nousujohteisena, eivätkä heilahtelut ole erotettavissa normaalista kausivaihtelusta. Tänä aikana tuonnin keskiarvo on ollut noin 51 500 tonnia/kk. Myöskään haastattelujen perusteella pandemiolla ei vaikuta olleen merkittäviä vaikutuksia. Sen sijaan Ukrainan kriisin kynnyksellä vuoden 2021 lopussa tuontimäärät ovat lähteneet selkeään laskuun. Vuodesta 2022 eteenpäin tuonnin keskiarvo on ollut 24 000 tonnia/kk. Tämä selittyy suurelta osin Venäjän ja Baltian tuontikuljetusten loppumisella.



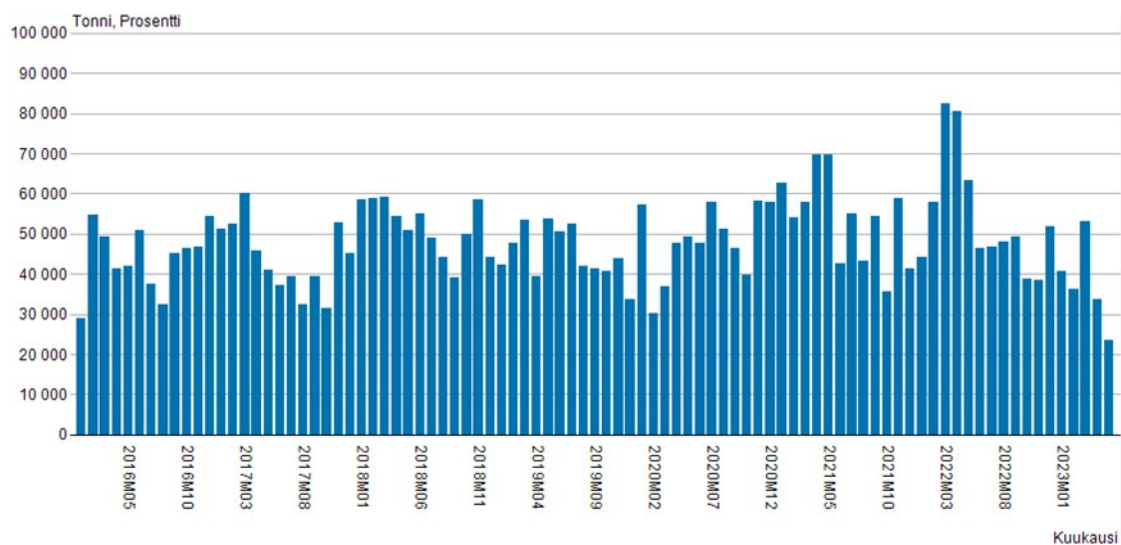
Kuvio 1 Kaskisten sataman tuontitilastot yhteensä (Tilastokeskus, 2023a).

Nykytilassa merkittävimmät tuonnin tavaralajit Kaskisten satamalle ovat raakapuu, kemikaalit, metallit ja metallituotteet sekä muu tavara (Tilastokeskus, 2023a). Suurin vaikutus viime vuosien väheneviin tuontimääriin on ollut raakapuulla, jonka tuonnin keskiarvo oli vuonna 2021 noin 27 tuhatta tonnia ja vuonna 2022 enää vain noin 8 tuhatta tonnia kuukaudessa. Myös muiden tavaralajien tuonti vähentyi. Vuoden 2023 aikana tuonti on kuitenkin jälleen lähtenyt kasvuun. Suurin vaikutus on ollut metallien ja metallituotteiden tuonnin käynnistymisellä. Nämä kuljetukset koostuvat lähinnä tuulivoimaloiden projektiluovutuksista (Kuvio 2).



Kuvio 2 Kaskisten sataman merikuljetukset tavaralajeittain ja kuukausittain, tuonti (Tilastokeskus, 2023a).

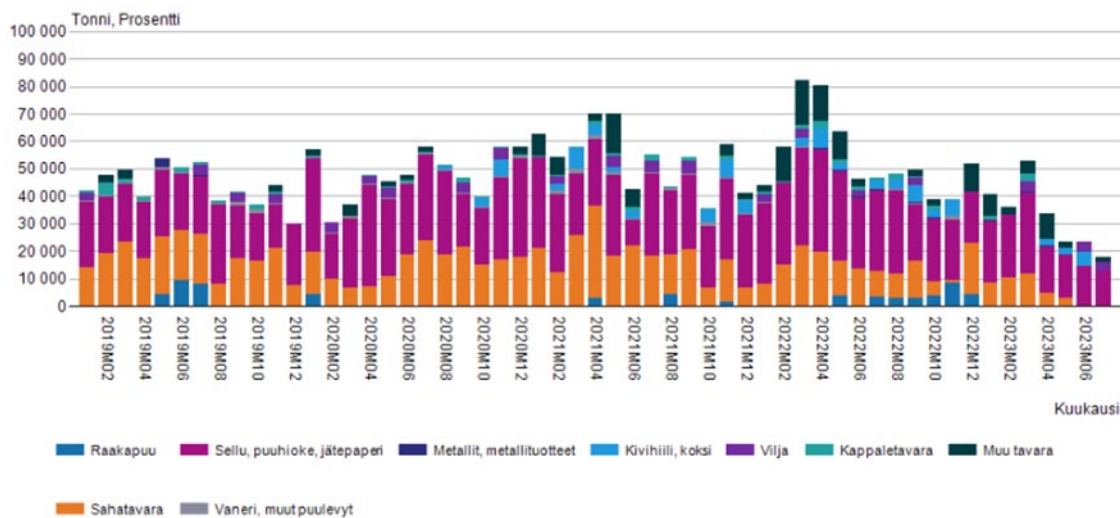
Kaskisten sataman vientimäärät ovat pysyneet vuodesta 2016 melko tasaisena vaihdellen kausiluontoisesti välillä n. 30–60 tuhatta tonnia kuukaudessa (Tilastokeskus, 2023a). Vientikuljetuksissa kriisien vaikutukset eivät ole yhtä selkeästi näkyvissä kuin tuonnin puolella. Vienti on kuitenkin laskenut vuoden 2023 toisella kvartaalilla (Kuvio 3).



Kuvio 3 Kaskisten sataman vientitilastot yhteensä (Tilastokeskus 2023a).

Nykytilassa merkittävimmät viennin tavaralajit Kaskisten satamalle ovat sellu, puuhioke ja jättepaperi, sekä sahatavara (Kuvio 4). Suurin osa tästä on Metsä Boardin Kaskisten kemihierretehtaan tuotantoa. Etenkin sahatavaran vientimäärät ovat olleet viime vuosina laskussa. Muita säännöllisesti vientiin kulkeneita tavaralajeja ovat olleet kivihiili ja koksi,

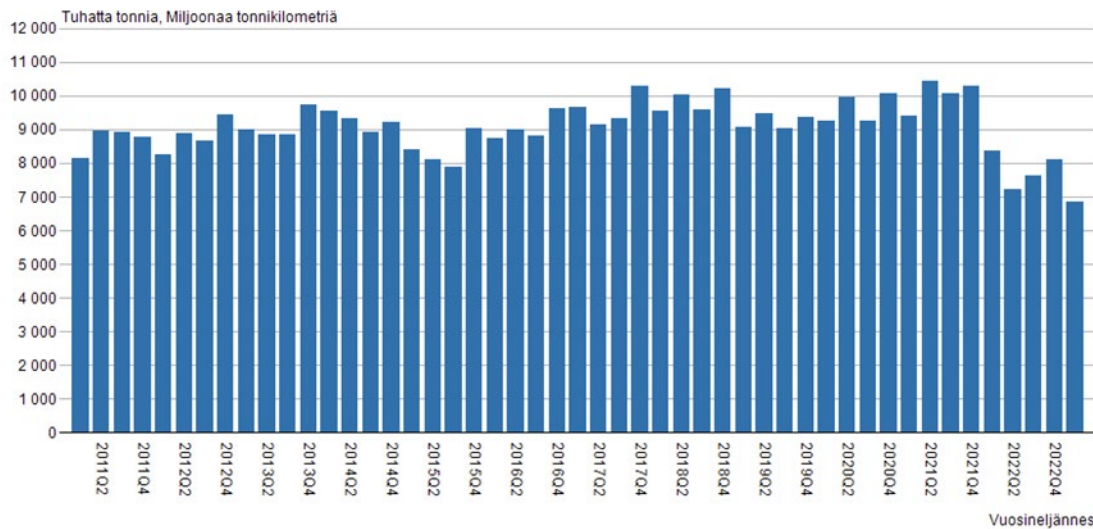
sekä muu tavara (Tilastokeskus, 2023a). Vuonna 2022 satamasta vietiin myös jonkin verran raakapuuta. Samana vuonna raakapuun tuonti vastaavasti laski.



Kuvio 4 Kaskisten sataman merikuljetukset tavaralajeittain ja kuukausittain, vienti (Tilastokeskus, 2023a).

2.2 Kriisien vaikutukset

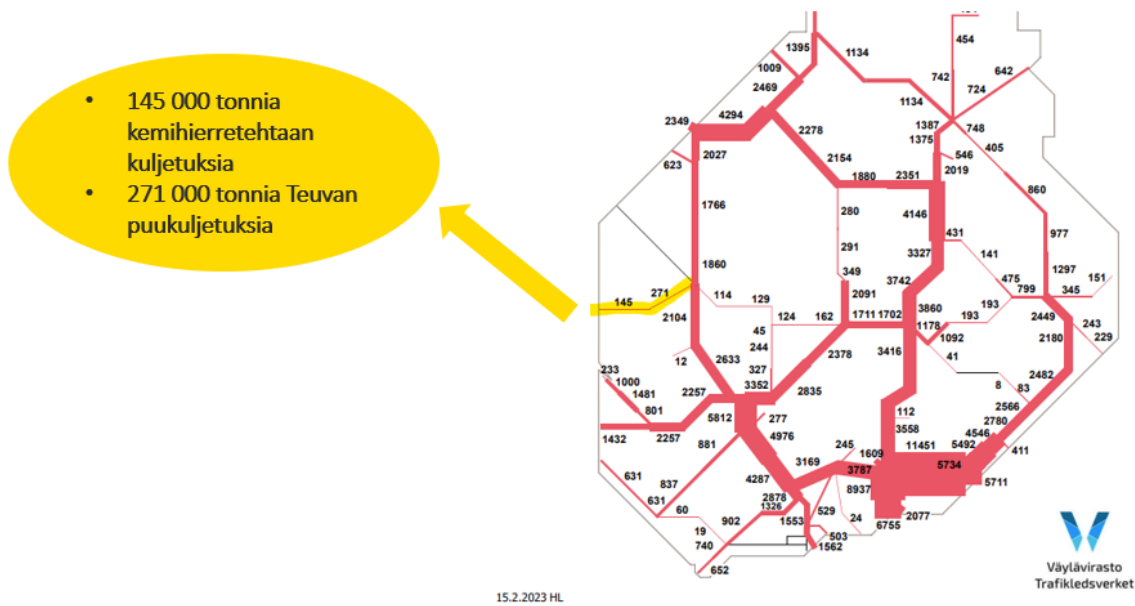
Viimeaikaiset globaalit kriisit ovat aiheuttaneet materiaalivirtamurroksen. Näistä kriiseistä merkittävimpiä ovat olleet COVID-19 -pandemia ja Ukrainan sota. Tilastojen perusteella COVID-19 -pandemia ja siitä seurannut komponenttipula eivät juurikaan näy Suomen rautatieliikenteessä (Kuvio 5). Tämä johtuu suureksi osaksi siitä, että valtaosa Suomen rautateiden tavaraliikenteestä on puukuljetuksia, joihin edellä mainituilla kriiseillä ei ole ollut suurta vaikutusta. Sen sijaan Ukrainan kriisin vaikutukset ovat selkeämmin nähtävissä, sillä Venäjälle asetettujen pakotteiden johdosta tuonti- ja transitokuljetukset ovat loppuneet lähes kokonaan.



Kuvio 5 Tavaraliikenne vuosineljänneksittäin (1000 t) (Tilastokeskus, 2023b).

Tilastojen ja haastattelujen perusteella COVID-19 -pandemia ei ole juurikaan näkynyt myöskään Suupohjan radan tai Kaskisten sataman materiaalivirroissa. Sitä vastoin Venäjän hyökkäyssodan vaikutukset ovat nähtävissä selvemmin. Sota mullisti Suomessa etenkin raakapuun kuljetukset: lähes 10 miljoonaa kuution vuosittainen raakapuutuonti Venäjältä loppui, ja vajaus korvattiin kotimaisella tai muista maista, esimerkiksi Baltian maista, hankitulla puulla. Rataverkolla idäntuonnin tyrehtyminen näkyi poikittaisliikenteen vähenemisenä ja toisaalta pohjois-eteläsuuntaisen liikenteen lisääntymisenä. Puukuljetusten uudelleenorganisointuminen näkyy myös Kaskisten satamassa ja Suupohjan radalla. Aiemmin Kaskisten BCTMP-tehtaalle tuotiin kuitupuuta laivalla Baltiasta, mutta Ukrainan sodan alettua Metsä Board ohjasi Baltian puut Ruotsin Husumin tehtaan raaka-aineeksi, ja tällä hetkellä Kaskisten tehtaan tarvitsema puu tulee pääasiassa rautateitse kotimaasta. Muutos tarkoittaa satamalle merkittävää, vuositasolla noin 70 laivan vähennystä, kun taas Suupohjan radan kuljetusmäärät lisääntyivät muutoksen myötä.

Aiemmissä hankearvioinneissa potentiaalisina uusina rautatiekuljetuksina Kaskisten satamaan on mainittu Venäjän transitokuljetukset (Iikkanen & Lapp, 2021). Tätä vaihtoehtoa pidettiin jo ennestään epätodennäköisenä ja Ukrainan kriisin johdosta tämä potentiaali on todennäköisesti haudattu vuosikymmeniksi.



Kuvio 6 Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2022 (Väylävirasto, 2023a).

2.3 Suupohjan radan potentiaali

Suupohjan radan vähäisen käyttöasteen vuoksi radalle tulisi löytää lisää käyttäjiä, jotka oikeuttaisivat radan kunnostamisen. Mikään yksittäinen taho ei hyödynnä Suupohjan rataa siinä määrin, että sen ylläpito olisi nykytilanteessa kannattavaa (Iikkanen & Lapp, 2021). Nykyisin radalla on ainoastaan raakapuukuljetuksia 415 000 tonnia vuodessa, josta 145 000 tonnia on kemihierretehtaan kuljetuksia ja 270 000 tonnia Teuvan raakapuukuljetuksia (Väylävirasto, 2023a). Suuret tehdasinvestoinnit, kuten Metsä Boardin mahdollinen taivekartonkitehdas toisivat mukanaan suuret kuljetusvolyymit ja olisivat siten radan jatkumisen kannalta erittäin merkityksellisiä. Nämä kuljetuspotentiaalit eivät kuitenkaan ole vielä olemassa, joten radan tulevaisuutta ei voida laskea ainoastaan niiden varaan. Toisaalta infrastruktuuri olisi suotavaa suunnitella tulevaisuushakuisesti vastaavien investointien houkuttelemiseksi ja mahdollistamiseksi. Tilanteessa, jossa nämä investoinnit eivät toteudu, tarvittava volyyymi voitaisiin saada aikaan eri yritysten kuljetuksia yhdistämällä eli sekakuljetuksilla. Suupohjan radan vaikutusalueella ja radan takamaa-alueella on olemassa liiketoimintaa, joka voisi potentiaalisesti hyödyntää rautatiekuljetuksia nykyistä enemmän.

Suomessa yritysten logistiikka on pääsääntöisesti rakennettu rekkakuljetusten ympärille. Poikkeuksena tähän ovat metsäteollisuuden raakapuu- ja hakekuljetukset. Lisäksi rautateitä hyödyntävät myös metalli-, kemian- ja kaivosteollisuus (Traficom, 2023a). Rautatiekuljetuksiin siirtyminen vaatii siksi suuria muutoksia toimitusketjuun, mikä

puolestaan tarkoittaa suuria alkuinvestointeja yritykseltä. Rautatieinfra vaatii myös suuria investointeja, jotta se voisi palvella yritystoimintaa riittävän laajasti ja monipuolisesti. Nykytilassa laajamittainen raiteille siirtyminen ei ole mahdollista. Pullonkauloina ovat esimerkiksi lastaus- ja purkupaikat sekä riittävä ratakapasiteetti.

Tässä selvityksessä on kartoitettu Suupohjan radan potentiaalia kuljetuskäytävänä Kaskisten sataman ja sen takamaan välisille tavaravirroille. Rautatiekuljetukset vaativat verrattaen pitkät kuljetusetäisyydet sekä suuret ja säännölliset volyymit ollakseen kannattavia rekkakuljetuksiin verrattuna (Traficom, 2023a). Suurin potentiaali on kuljetuksilla, jotka kulkevat koko matkan Kaskisten sataman ja Seinäjoen, eli radan päätepisteiden välillä. Käytännössä tämä tarkoittaa joko tuontikuljetuksia satamasta vähintään Seinäjoelle asti, tai vientikuljetuksia satamaan Seinäjoelta tai Seinäjoen kautta. Esimerkiksi Suupohjan radan varrella sijaitsevien yritysten kohdalla vientikuljetus satamaan tarkoittaa mahdollisesti joitain kymmeniä kilometrejä, jolloin yhdistetty kuljetus raidetta hyödyntäen ei enää ole kustannustehokasta. Potentiaalisia yrityksiä ovat sellaiset, joiden tuote tai käyttämät raaka-aineet, volyymi ja sijainti sopivat raidekuljetuksiin. Myös sataman käsittelykyky tulee ottaa huomioon.

Potentiaalisia yrityksiä tarkasteltaessa kriteereinä ovat sijainti, toimiala ja toiminta sekä koko. Yrityksen sijainti on rautatiekuljetuksen kannalta sitä parempi, mitä lähempänä se sijaitsee kuormauspaikkaa. Suurin osa kuormauspaikoista on raakapuun kuormauspaikkoja, ja sopivien kuormauspaikkojen puute onkin yksi suurimmista pullonkauloista infrastruktuurissa (Kuvio 7). Tarkastelussa on kuitenkin ajateltu, että kuormauspaikkoja voidaan mahdollisesti muokata sopiviksi kalustoinvestoinneilla. Yritys voi hyödyntää rautatiekuljetuksia, mikäli yrityksen valmistama tuote tai sen käyttämä materiaali pystytään kuljettamaan raiteilla. Lisäksi Suupohjan radan tapauksessa tuonti- ja vientikuljetukset lisäävät potentiaalia sataman ollessa radan toinen päätepiste. Yrityksen kuljetusvolyymin täytyy myös olla riittävän suuri ja säännöllinen, jotta se voisi kustannustehokkaasti hyödyntää rautatiekuljetuksia.



Kuvio 7 Raakapuun kuormauspaikat (tummanvihreä) ja lastauslaiturit (vaaleanvihreä) (Väyläpilvi, 2023).

Potentiaaliset yritykset on tässä jaettu kahteen luokkaan: (1) radanvarren yritykset ja (2) takamaan yritykset. Radanvarren yritykset sijaitsevat Suupohjan radanvarsikunnissa, ja takamaan yritykset sijaitsevat Kaskisten sataman takamaa-alueella. Liikenneviraston selvityksen mukaan sataman rautatiekuljetusten takamaa-alue ulottuu vientikuljetusten osalta pisimmillään idässä Lappeenrantaan ja etelässä Porvooseen asti. Samassa selvityksessä on katsottu, että tuontikuljetuksilla ei ole vastaavaa takamaata rautateiden osalta. Tämän potentiaaliselvityksen lähtökohta on kuitenkin se, että sataman takamaa ulottuu rautatiekuljetusten osalta alueelle, jonne (1) on rautatieyhteys ja josta (2) Kaskisten satama on kilpailukykyisen etäisyyden päässä muihin satamiin nähden. Potentiaaliset yritykset ovat pääosin tuotantolaitoksia sellaisilta toimialoilta, joiden käyttämä materiaali tai tuote on sellainen, jota voidaan kuljettaa radalla ja käsitellä Kaskisten satamassa.

2.3.1 Radanvarren yritykset

Radanvarren yritysten radankäyttöpotentiaali on suurimmillaan, jos; (1) yritys sijaitsee kuormauspaikan läheisyydessä (Kaskisissa tai Teuvalla) ja tarvitsee raidekuljetuskelpoista raaka-ainetta Sisä-Suomesta, (2) yritys sijaitsee kuormauspaikan läheisyydessä ja yrityksen tuote voitaisiin kuljettaa radalla Sisä-Suomeen, (3) yritys sijaitsee Seinäjoella ja sen vientituotteita (materiaalia) voitaisiin kuljettaa Kaskisten satamaan (satamasta) rautateitse.

Läntisen teollisuusvyöhykkeen kauppakamarit ja Destia Oy julkaisivat kesäkuussa 2023 Läntisen teollisuusvyöhykkeen investointien ja liikenteen tulevaisuus -selvityksen (Turun kauppakamari, 2023). Sen mukaan Suupohjan radanvarsikunnissa ja radan lähikunnissa teollisuuteen investoitaisiin tulevina vuosina jopa 4 miljardia euroa (Taulukko 1). Tulevien investointien on arvioitu lisäävän alueen erikoiskuljetusten ja henkilöliikenteen määriä, millä on mahdollisesti vaikutuksia Suupohjan radan hyödyntämiseen. (Turun kauppakamari, 2023)

Selvityksen mukaan alueelle suunnitellut investoinnit kohdistuvat erityisesti tuulivoima-, vety- ja metsäteollisuuteen. Suupohjan radan kannalta kiinnostavimpia investointeja ovat jo mainitut Metsä Board Oyj:n taivekartonkitehdas Kaskisissa, Koppö Energia Oy:n synteettisen metaanin tuotantolaitoksen, Plug Power, Inc:n vedyn ja vihreän teräksen tuotantolaitosten suunnitelmat Kristiinankaupungissa sekä koko radan varren tuulivoimalainvestoinnit. Kaikkien näiden on arvioitu tuovan radalle joko jatkuvia kuljetuksia tai satunnaisia erikoiskuljetuksia. Jatkuvia kuljetuksia toisivat niin taivekartonkitehdas Kaskisissa kuin synteettisen metaanin, vedyn ja vihreän teräksen tuotantolaitokset Kristiinankaupungissa. Kaskisten taivekartonkitehtaan on arvioitu tuovan Suupohjan radalle 1 165 000–1 620 000 tonnia tavarakuljetuksia vuodessa (Sweco Finland Oy, 2023).

Projektiin liittyvissä haastatteluissa tuotiin esille myös Kristiinankaupunkiin suunniteltujen tuotantolaitosten tuomat kuljetusmäärät ja toiveet radan käytettävyydestä niiden toteutuessa. Koppö Energia Oy:n synteettisen metaanin tuotantolaitoksessa aiotaan tuottaa noin 55 000 tonnia nesteytettyä synteettistä metaania vuodessa Sabatier-reaktiolla. Reaktiossa tarvitaan 150 000 tonnia hiilidioksidia vuodessa ja tuotetaan metaania ja happea, jota syntyy noin 210 000 tonnia. Ympäristövaikutusten arviointiohjelman raportin mukaan tuotettua happea ja nesteytettyä synteettistä metaania kuljetettaisiin Turun, Uudenkaupungin tai Hangon satamaan jatkuvasti käytössä olevilla säiliöautoilla. (Ramboll Finland Oy, 2023)

Säiliöautoliikenteen lisääntyminen lisääisi valtatie 8:n päällystystyötarvetta. Tällä hetkellä Turku–Pori-väliä vähäliikenteisemmän Kristiinankaupunki–Pori-välin päällyste on tyydyttävässä kunnossa, mutta koko Kristiinankaupunki–Turku-välille on muodostunut

korjausvelkaa. (Väylävirasto, 2023a) Huoli valtatie 8:n kunnosta ilmeni myös projektin toteuttamisessa haastatteluissa ja jo vuonna 2018 Pohjanmaan kauppakamarin WSP Finland Oy:ltä tilaaman raportin haastatteluissa, joissa huolehdittiin tien päällysteen tilasta ja paikoittaisesta kapasiteetin riittämättömyydestä (WSP Finland Oy, 2018).

Plug Power, Inc:n tehtaissa aiotaan puolestaan tuottaa 2,0 miljoonaa tonnia DRI/HBI-tyyppistä terästä vuodessa, jonka vienti toteutettaisiin Kristiinankaupungin sataman kautta (Plug Power, Inc., 2023). Projektin toteutusaikana vihreän teräksen ja vedyn tuotannon yksityiskohdat ovat vielä epäselviä, mutta haastattelujen mukaan kaikki esitellyt investoinnit Kristiinankaupunkiin toisivat lisäkuljetuksia Suupohjan radalle.

Satunnaisia erikoiskuljetuksia, joita voidaan kuljettaa rautateitse, ovat esimerkiksi tuulivoimalatyömaille suuntautuvat suurmuuntajakuljetukset (Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, 2023). Radan läheisyyteen on suunniteltu useita tuulivoimalainvestointeja. Niitä aiotaan rakentaa ainakin Isojoelle, Kristiinankaupunkiin, Kurikkaan, Närpiöön ja Teuvalle. Lukuisat tuulivoimalatyömaat tuovat painetta väyläverkolle, sillä kauppakamarien ja Destia Oy:n selvityksen mukaan kymmentä tuulivoimalaa varten tarvitaan esimerkiksi 500–2 000 kiviaines- ja 50–100 työkone- ja nosturikuljetusta. Tieverkolle suuntautuvaa painetta voisi lievittää myös rautatieverkkoa hyödyntämällä. Selvityksessä kuitenkin huomautetaan, että tuulivoimaloiden rakentamisessa pyritään usein välttämään pitkiä tie- ja rautatiekuljetuksia käyttämällä vesiliikennettä, mikä luo mahdollisuuksia myös Kaskisten satamalle välietappina tuulivoimalaprojekteissa.

Läntisen Suomen teollisuusinvestoinnit luovat uusia liikennevirtoja Pohjanmaalle ja Etelä-Pohjanmaalle. Tämänhetkisten arviointien mukaan tuleva liikenne suuntautuisi sekä Suupohjan radalle, jota hyödyntäisi Metsä Board Oyj:n taivekartonkitehdas Kaskisissa, että tieverkolle, jota hyödyntäisivät Koppö Energia Oy:n synteettisen metaanin tuotantolaitos, Plug Power, Inc:n vedyn ja vihreän teräksen tuotantolaitokset sekä tuulivoimalaprojektit. Sekä radan että tieverkon kunto alueella on heikompi kuin paikalliset toimijat toivovat. Kunnostus- ja parannustöiden toteutuessa molemmille väylille olisi kuitenkin tarjolla uusia säännöllisiä kuljetuksia sekä myös harvinaisia erikoiskuljetuksia.

Taulukko 1 Suupohjan radanvarsikuntien teollisuusinvestoinnit.

Radanvarsikunta	Investointien määrä (milj. €)	Merkittävimmät investoinnit	Mahdolliset kuljetukset Suupohjan radalla
Ilmajoki	0–10	<i>ei jäljitetty</i>	–
Isojoki	10–100	tuulivoima • <100 milj. €	tuulivoima • suurmuuntajat
Karjajoki	0–10	<i>ei jäljitetty</i>	–

Kaskinen	<1000	metsäteollisuus <ul style="list-style-type: none"> • Metsä Board Oyj 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 165 000 tonnia tavaraa radalle vuodessa
Kauhajoki	0–10	<i>ei jäljitetty</i>	–
Kristiinankaupunki	2 500–6 000	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • 100–250 milj. € vetyvoima <ul style="list-style-type: none"> • Plug Power, Inc.: 2 500 milj. € • Koppö Energia Oy: 450 milj. € 	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • suurmuuntajat Plug Power, Inc.: <ul style="list-style-type: none"> • rautamalmin tuonti Koppö Energia Oy: <ul style="list-style-type: none"> • hiilidioksidin tuonti • hapen vienti • metaanin vienti
Kurikka	100–250	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • 100–250 milj. € 	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • suurmuuntajat
Närpiö	100–250	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • 100–250 milj. € 	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • suurmuuntajat
Seinäjoki	250–1 000	<i>ei jäljitetty</i>	–
Teuva	0–10	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • <100 milj. € 	tuulivoima <ul style="list-style-type: none"> • suurmuuntajat

2.3.2 Takamaan yritykset

Takamaan yritysten radankäyttöpotentiaali on suurimmillaan, jos; (1) yrityksen tarvitsema raaka-aine voidaan tuoda Kaskisten satamaan ja kuljettaa sieltä sisämaahan rautateitse, (2) yrityksen tuote voidaan lastata junaan ja kuljettaa Kaskisten satamaan vientiä varten, (3) yritys tarvitsee raakapuuta, joka voisi lähteä Teuvan raakapuunkuormauspaikalta.

Kaskisten sataman maakuljetuksista lähes kaikki hoidetaan tiekuljetuksina johtuen pitkistä rautatie-etäisyyksistä verrattuna tie-etäisyyksiin sekä ohuista kuljetusvirroista (Iikkanen & Lapp, 2021). Etelä-Suomen kuljetuksille paremmat yhteydet ovat esimerkiksi Rauman ja Porin satamiin, ja Pohjois-Suomen kuljetuksille esimerkiksi Kokkolan ja Pietarsaaren satamiin. Esimerkiksi kuljetusmatka Tampereelta Raumalle on noin puolet siitä, mitä se on Tampereelta Seinäjoen kautta Kaskisiin. Kaskisten sataman takamaa-alueen on tässä tutkimuksessa katsottu rautatiekuljetusten osalta ulottuvan Keski-Suomeen Jyväskylä–Seinäjoki-ratayhteyden vuoksi. Esimerkiksi matka rautateitse Jyväskylästä Kaskisiin on suhteellisen kilpailukykyinen muihin satamiin verrattuna (noin 310 km). Lisäksi Metsä Boardin taivekartonkitehtaalte on suunniteltu sellun rautatiekuljetuksia Äänekosken biotuotetehtaalte asti.

2.4 Materiaalivirtamurros ja Suupohjan kuljetuskäytävän potentiaali: case-esimerkkinä Yaran Siilinjärven tehtaat

2.4.1 Yaran toiminta ja Siilinjärven tehtaat

Yaran Siilinjärven tehtaita käytetään tässä luvussa esimerkkinä sekä kriisien vaikutuksista materiaalivirtoihin ja logistiikkaan että mahdollisia kuljetuksia Suupohjan radalle ja Kaskisten satamaan tuovasta takamaa-alueen suurivolyymisestä toimijasta. Potentiaalın realisoituminen vaatii logistiikassakin paljon työtä ja satsauksia, muun muassa uudelleenorganisointia ja uusia investointeja esimerkiksi infrastruktuuriin ja kalustoon. Lisäksi uudella vaihtoehdolla on usein kilpailijana jo olemassa oleva käytäntö, tässä tapauksessa siis esimerkiksi kuljetusreitti tai -muoto.

Yara on maailmanlaajuinen kivennäislannoitteiden, teollisuuskemikaalien ja ympäristönsuojelutuotteiden toimittaja. Yrityksellä on lisäksi kaivostoimintaa ainakin Suomessa Siilinjärvellä. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Norjan Oslossa, toimipaikkoja sillä on 160:ssä maassa ja myyntiä se tekee yli 160 maahan. Yhtiö on perustettu vuonna 1905, jolloin se kantoi nimeä Norsk Hydro. (Yara, 2023a)

Yara Suomi Oy tuottaa erityisesti Suomen oloihin räätälöityjä lannoitteita, kemikaaleja sekä ympäristönsuojelutuotteita. Sen tuotantolaitokset sijaitsevat Siilinjärvellä, Uudessakaupungissa ja Kokkolassa. (Yara, 2023a) Fosfaattikaivos on Siilinjärvellä, ja yhtiöllä on myös lupa malminetsintään Siilinjärven kaivoksen alueella (Kaivosvastuu, n.d.). Kaivoksen päätuote on apatiittirikaste. Siilinjärven tuotantolaitoksilla valmistuu lannoitteita maatalouteen, fosforihappoa lannoite- ja rehuteollisuuteen sekä rikkihappoa ja typpihappoa lannoitteiden raaka-aineiksi. Tehtailla tuotetaan myös ammoniumnitraattiliuosta louhosräjähteiden raaka-aineeksi. Toiminnan sivutuotteina syntyy sivukiveä, biotiittia ja kalsiittia, kipsiä, pasutetta (rautaoksidia), fluorihappoa sekä prosessilämpöä, jotka kaikki ovat hyödynnettävissä. Prosessilämpöä hyödynnetään Siilinjärven kaukolämpöverkossa. Taulukko 2 esittää Siilinjärven tehtaiden ja kaivoksen tuotantomäärät ja -kapasiteetit. (Yara, 2023b)

Taulukko 2 Yara Siilinjärven tehtaiden tuotantokapasiteetit ja kaivoksen tuotantomäärät (Yara, 2023b).

Tehtaiden tuotantokapasiteetti	tonnia / vuosi
Rikkihappo	800 000
Fosforihappo	300 000
Typpihappo	150 000
Lannoitteet	500 000
Ammoniumnitraattiliuos	85 000

Kaivosalueella on kaksi käytössä olevaa louhosta – Särkijärven päälouhos ja Jaakonlammen louhos – sekä rikastamo, jossa malmista erotetaan fosfaatti.

Kaivoksen tuotantomäärät	tonnia/vuosi
Kokonaislouhinta	20 000 000 – 30 000 000
Malmin louhinta	11 000 000
Apatiittirikaste	1 000 000

2.4.2 Yara Siilinjärven kuljetukset

Siilinjärven tehdasalueella on oma satama, ja ennen Venäjän hyökkäyssotaa Ukraina-yritys hyödynsi kuljetuksissaan laivakuljetuksia ja Saimaan kanavaa, joka mahdollisti vesitieteyhteyden Siilinjärveltä Itämerelle. Vuoteen 2021 asti lannoitetuotannosta noin puolet lähti Siilinjärveltä laivalla, ja puolet kuljetettiin junalla Kokkolan satamaan ja lastattiin siellä laivaan. Vuosittain Siilinjärven tehtaasta satamassa vieraili noin 60 alusta, parhaimpina vuosina määrä oli noin 70. (I. Pöyhönen, henkilökohtainen keskustelu, 20.1.2023) Siilinjärven tehtaalle saapuu vuorokaudessa 3–4 junaa ja tehtaalta lähtee vuorokaudessa noin 4–7 junaa. Siilinjärven tehtaasta vuosittainen kokonaiskuljetusvolyymi on noin 2,6 miljoonaa tonnia, mikä tarkoittaa päivittäin noin 100 junavaunun ja 130 rekan lastausta tai purkua (Yara, 2023b; Viljakka, 2022).

Saimaan kanavan toiminta ei Ukrainan sodan vuoksi varsinaisesti keskeytynyt. Sodan seurauksena lastien ja alusten vakuutukset nousivat kuitenkin niin korkeiksi, ettei liikennöinti ollut enää kannattavaa, ja liikennöitsijät pidättäytyivät kanavan käytöstä (Tolpo, 2022). Vuonna 2022 kanavan läpi kulki vain kaksi rahtialusta (Pesu, 2022). Uusi tilanne johti myös Siilinjärven tehtaasta osalta laivakuljetuksista luopumiseen, ja tehtaasta

logistiikka piti organisoida tältä osin uudelleen. Tämä tarkoitti siirtymistä rauta- ja maantiekuljetuksiin, joita hyödyntäen vientiin menevät tuotteet toimitetaan Kokkolan tai HaminaKotkan satamiin. Ukrainan sota vaikutti Siilinjärven tehtaisiin myös siten, että raaka-aineiden, kuten ammoniakkin ja alkalisuolan tuonti Venäjältä tyrehtyi, ja korvaavat raaka-aineet pitää hankkia muualta. (I. Pöyhönen, henkilökohtainen keskustelu, 20.1.2023)

Seuraavissa taulukoissa esitetään tarkemmat lukemat vienti- (Taulukko 3) ja tuontimääristä (Taulukko 4). Varsinaisia laivakuljetuksia ei tehtaalle tai tehtaalta ole Saimaan kanavan tilanteesta johtuen ollenkaan. Lannoite- ja fosfaattilaivaukset lähtevät Kokkolasta noin 3 000–7 000 tonnin aluksilla ja pasute noin 120 000–180 000 tonnin aluksilla.

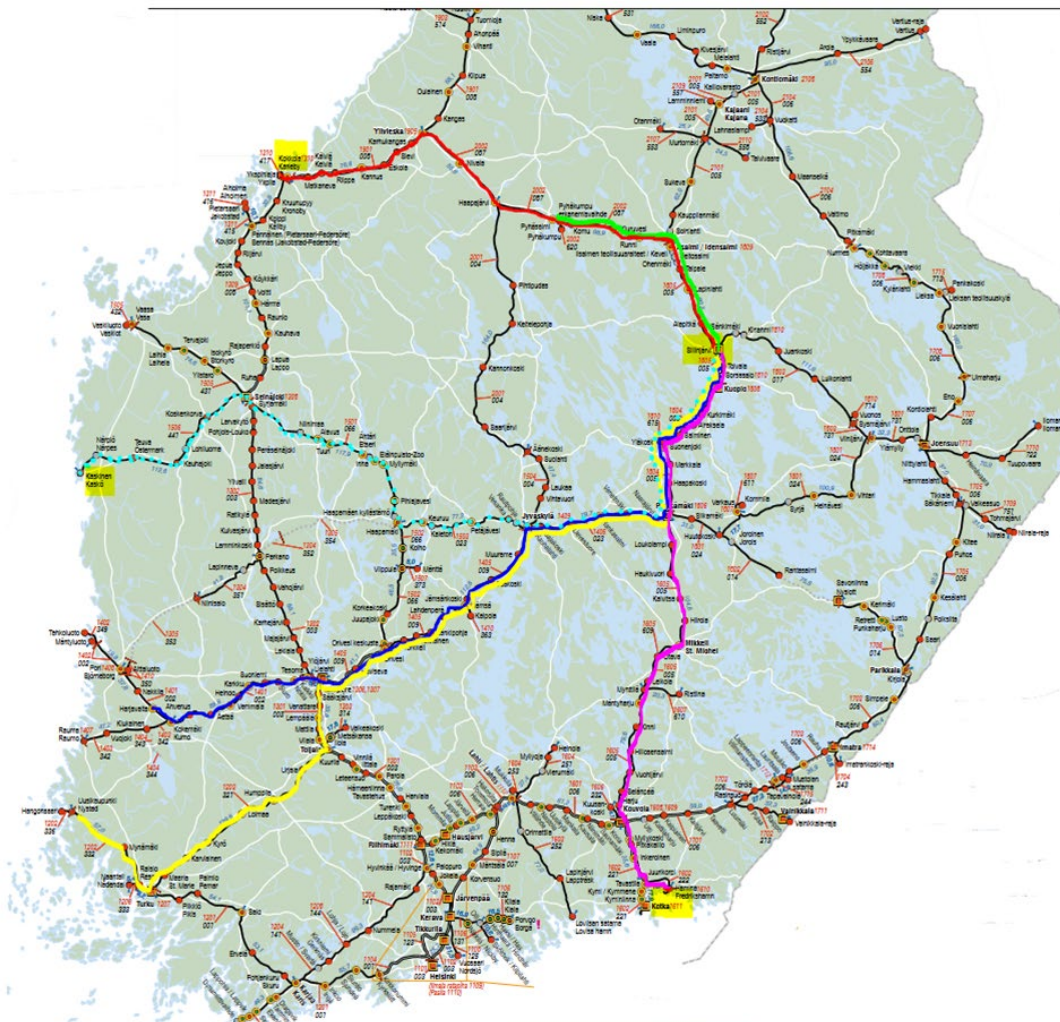
Taulukko 3 Yara Siilinjärven vienti (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 12.9.2023)

	Juna	Rekka	Minne
Lannoite	300 000 t/a	200 000 t/a (50 t/rekka)	Kokkolan sataman kautta vienti
Kipsi	-	150 000 t/a	Itämeri-hankeeseen Etelä- ja Länsi-Suomen pelloille
Fosforihappo	500 000 t/a	-	Uudenkaupungin ja Kokkolan tehtaat
Fosfaatti	150 000 t/a	-	Kokkolan ja HaminaKotkan satamien kautta vienti Yaran muille tehtaille
Pasute	400 000–800 000 t/a	-	Kokkolan sataman kautta Aasiaan

Taulukko 4 Yara Siilinjärven tuonti (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 12.9.2023)

	Juna	Rekka	Mistä
Kalисуola	50 000 t/a	-	Kokkolan satama
Pyriitti	300 000 t/a	-	Pyhäsalmen kaivokselta
Typpihappo	85 000 t/a	-	Yaran Uudenkaupungin tehtaalta
Rikkihappo	80 000 t/a	-	Kokkolasta tai Harjavallasta
Ammoniakki	200 000 t/a	-	Kokkolan sataman kautta tai Venäjältä

Kuvio 8 esittää Yaran nykyiset rautatiekuljetusreitit sekä rautatieyhteys Kaskisten satamaan. Keltainen linja kulkee Siilinjärven tehtaan ja Uudenkaupungin tehtaan välillä. Sininen linja kulkee Siilinjärven tehtaan ja Harjavallan välillä. Fuksia linja kulkee Siilinjärven tehtaan ja HaminaKotkan sataman välillä. Vihreä linja kulkee Pyhäsalmen kaivokselle ja punainen linja Kokkolan satamaan tai Kokkolan tehtaalle. Yhtiö tuo lisäksi mahdollisesti ammoniakkia Venäjältä rautateitse. Lisäksi kuvassa esitetään turkoosein pistein mahdollinen junan kulkureitti Kaskisten sataman ja Siilinjärven tehtaiden välillä. Juna jatkaisi Jyväskylästä kohti länttä ja saapuisi Seinäjoen kautta Kaskisiin. Reitillä voisi olla teoriassa mahdollista kuljettaa muun rahdin lisäksi myös Länsi-Suomen pelloille saapuvaa kipsiä.



Kuvio 8 Yaran nykyiset rautatiekuljetusreitit sekä rautatieraitti Kaskisiin (J. Furu, henkilökohtainen keskustelu, 9.9.2023) (muokattu Väyläpilvi, 2023)

Yaran merkittävin potentiaali Suupohjan rataa ja Kaskisten satamaa ajatellen tulee todennäköisesti lannoitteiden kuljettamisesta vientiin sekä pyriitin tuomisesta tuotantoa varten. Pyhäsalmen kaivoksella on arvioitu alustavasti olevan tuotantoa enää vuoteen 2025 saakka, jolloin korvaavan toimituksen löytämiselle on jo tarvetta. Ratakapasiteetin ollessa jo nyt lähellä maksimia niin etelään HaminaKotkan ja Vuosaaren suuntiin kuin pohjoiseen Kokkolan sataman suuntaankin, voisi Kaskisten satamaan suuntautuva kuljetuskäytävä tarjota kaivattua lisäkapasiteettia ja mahdollisuuksia kasvattaa tehtaan tuotantoa. Yhtiö myös toimittaa Länsi-Suomen pelloille kalkkia, jonka voisi potentiaalisesti tuoda Siilinjärven tehtailta Seinäjoelle junalla ja jaella sen siitä alueen pelloille rekoilla. Mikäli Kaskisten sataman väylää syvennettäisiin mahdollistamaan myös suurten, Panamax-luokan alusten vierailut satamassa, voisi satamasta löytää potentiaalia myös Yaran Aasiaan suuntautuvien vientien toiseksi lähtöpisteeksi.

Kokkolan satama on Yaralle merkittävä ja luotettava yhteistyökumppani, ja yhteistyön jatkumista Kokkolan sataman kanssa puoltaa moni seikka: Yksi Yaran Suomen tehtaista sijaitsee Kokkolassa, jolloin Siilinjärven tuotteita voidaan tarvittaessa varastoida myös Kokkolan tehtaan alueella, mikäli satamasta on kapasiteetti loppunut. Kokkolan sataman syväys riittää myös isommille laivoille, satamassa toimii Yaran käyttämä suuri satamaoperaattori, ja satamassa on jo valmiina Yaran tuotteiden tarvitsema infrastruktuuri. Myös Siilinjärveltä Kokkolaan suuntautuvan junareitin täyssähköistys on valmistumassa vuoden 2023 aikana, mikä tukee Yaran kuljetuksien säilymistä Kokkolaan suuntautuvina yhtiön pyrkiessä käyttämään mahdollisimman vähäpäästöisiä logistiikkaratkaisuja.

3 WP2 VOLYYMI JA TUOTEKULJETUSTEN POTENTIAALI

Tässä työpaketissa lähtökohtana on vertailla Suupohjan radan sekä vaihtoehtoisen kuljetuskäytävän (Kt 67) kannattavuutta eri liikenneskenaarioissa. Liikennöinnin jatkaminen Suupohjan radalla edellyttää radan laajaa peruskorjausta, jonka hinnaksi on arvioitu 240 milj. € (Väylävirasto, 2023b). Kyseinen peruskorjaus sisältää radan sähköistämisen, perusrakenteen korjaamisen ja tasoristeysturvallisuutta lisäävät toimet. Parannus mahdollistaisi liikennöinnin jatkamisen 30:n vuoden ajan tavanomaisella kunnossapidolla (Iikkanen & Lapp, 2021). Vertailun vuoksi tässä työpaketissa on arvioitu Kt 67:n päällystyskustannukset vastaavalle ajalle. Molemmille kuljetusväylille on lisäksi arvioitu jatkuvan kunnossapidon kustannukset. Vertailemalla näitä kustannuksia eri liikenneskenaarioissa voidaan arvioida julkisen investoinnin kannattavuutta radan peruskorjaukselle vaihtoehtoisten kustannusten näkökulmasta.

Lisäksi tässä työpaketissa on laskettu kuljetuskustannukset palvelua käyttävän yrityksen näkökulmasta sekä juna- että maantiekuljetuksille kyseisissä skenaarioissa. Tällä on pyritty arvioimaan raideliikenteen mahdollistamia kuljetuskustannussäästöjä. Laskennassa on käytetty havainnollistavana esimerkkinä Metsä Boardia, joka suunnittelee Kaskisiin taivekartonkitechdasinvestointia (Sweco Finland Oy, 2023). Toteutuessaan tehdas lisäisi alueen raskaan liikenteen liikennemäärää merkittävästi. YVA-menettelyn tuloksena valitussa toteutusvaihtoehdossa tehtaalle suuntautuisi raaka-ainetta noin 2,2 miljoonaa tonnia, josta rautateitse kulkisi noin 1,16 miljoonaa tonnia. Tästä valtaosa on raakapuuta, joka soveltuu hyvin Suupohjan radan kuljetusprofiiliin.

Suurimpana erona aiempiin kannattavuusarviointeihin nähden tämä mallinnus erottaa julkiset investointikustannukset kuljetuskustannuksista kannattavuuden arvioinnissa. Lisäksi tässä tutkimuksessa otetaan huomioon vaihtoehtoisen kuljetuskäytävän perusparannusta vastaavat kustannukset, eli tässä tapauksessa Kt 67:n päällystyskustannukset. Aiemmistä selvityksistä tämä kustannus on jätetty huomiotta todennäköisesti huomiotta, että tie tulee säilyttää alueella joka tapauksessa myös muuta liikennettä varten. Tiellä kulkee kuitenkin merkittäviä määriä raskasta liikennettä, mikä vaikuttaa tien kulumiseen oleellisesti. Lisäksi, skenaariosta riippuen, raskaan liikenteen osuus todennäköisesti kasvaa tulevaisuudessa. Tällöin radan käyttömahdollisuus mahdollistaisi raskaan liikenteen siirtymisen raiteille, mikä pienentäisi merkittävästi tienpidon kustannuksia sekä parantaisi liikenneturvallisuutta ja liikenteen sujuvuutta. Lisäksi tässä mallinnuksessa havaitut liikenteen kuljetuskustannussäästöt on arvioitu merkittävästi suuremmiksi kuin aikaisemmissa kannattavuusarvioinneissa. Yhtenä syynä suurempiin säästöihin ovat kasvaneet liikennemäärät, etenkin niissä skenaarioissa, joissa Metsä Boardin taivekartonkitechdasinvestointi Kaskisiin toteutuu. Tehdas on suunnitteluvaiheessa ja toteutuessaan tehtaan kuljetukset muodostaisivat suurimman erän radan kuljetuksista.

3.1 Tuotekuljetusten volyymi, profiili ja potentiaali

Arvioinnissa käytetyt liikennemääräskenaariot on kuvattu Taulukko 2:ssa. Alavaihtoehdoissa a rata on käytössä ja alavaihtoehdoissa b rata on suljettu liikenteeltä. Liikennemäärät perustuvat julkisesti saatavilla oleviin tietoihin ja niihin perustuviin arvioihin.

Taulukko 5 Liikennemääräskenaariot.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Liikennemäärä radalla (t)	415 000	1 580 000	0	855 000	0	2 020 000	0
Liikennemäärä tiellä (t)	2 400 000	3 400 000	4 980 000	2 400 000	2 815 000	3 400 000	4 980 000

VE0 kuvaa nykytilaa. Suupohjan radalla kulkee vuodessa noin 415 000 tonnia tavarakuljetuksia. Määrä koostuu lähes täysin raakapuukuljetuksista Kaskisten kemihierretehtaalle (145 000) ja Teuvan puukuljetuksista Seinäjoelle (270 000) (Sweco Finland Oy, 2023). Kt 67:llä on arvioitu kulkevan tällä hetkellä 2,4 miljoonaa nettotonnia vuodessa. Arvio perustuu luvussa 4.2 esitettyihin liikennemääräarvioihin sekä kuljetuskaluston kapasiteetteihin.

VE1 kuvaa tilannetta, jossa Kaskisten taivekartonkitehdas toteutuu. Alavaihtoehdossa VE1a radalla kulkee nykyisten kuljetusten lisäksi 950 000 tonnia raakapuukuljetuksia ja 215 000 tonnia sellua Äänekosken tehtaalta taivekartonkitehtaalta. Maantiellä kulkevat nykyiset kuljetukset sekä miljoona tonnia erinäistä raaka-ainetta taivekartonkitehtaalle (Sweco Finland Oy, 2023). Alavaihtoehdossa VE1b edellä mainitut raidekuljetukset siirtyvät tielle.

VE2:ssa taivekartonkitehdas ei toteudu, mutta radan hyödyntämätön kuljetuspotentiaali toteutuu. Potentiaalisia kuljetuksia, jotka voisivat hyödyntää suupohjan rataa, mutta eivät niin tee, on tässä tutkimuksessa arvioitu olevan noin 440 000 tonnia vuodessa (Pohjanmaan liitto, 2023). Määrä sisältää 250 000 tonnia nikkelikastetta, 120 000 tonnia rehua, 50 000 tonnia sahatavaraa ja 20 000 tonnia rautaromua. Alavaihtoehdossa VE2a nämä potentiaaliset kuljetukset kulkevat radalla nykyisten kuljetusten lisäksi. VE2b:ssä nykyiset rautatiekuljetukset siirtyvät maantielle. Potentiaaliset materiaalivirrat on katsottu sellaisiksi, että ne joko sisältyvät jo Kt 67:n nykyisiin liikennemääriin, tai jos ne kulkevat muulla kuljetuskäytävällä, niin ne eivät myöskään radan lakkauttamisen johdosta Kt 67:lle siirry.

Vaihtoehdossa VE3 toteutuvat sekä taivekartonkitehdas että radan hyödyntämätön potentiaali. Alavaihtoehdossa VE3a rautateitse kulkevat nykyiset kuljetukset, taivekartonkitehtaan suunnitellut kuljetukset ja muu hyödyntämätön potentiaali. Tiellä kulkevat nykyiset kuljetukset ja taivekartonkitehtaan kuljetukset. Alavaihtoehdossa VE3b

raidekuljetukset siirtyvät jälleen tielle sekalaista hyödyntämätöntä potentiaalia lukuun ottamatta.

3.2 Radan kustannukset

Radan kustannuksia on arvioitu tässä osiossa julkisen investoinnin näkökulmasta perusparannuksen ja vuotuisten ylläpitokustannusten kautta.

3.2.1 Perusparannus

Radan perusparannukselle on hiljattain tehty kaksi hankearviointia (Iikkanen & Lapp, 2017; Iikkanen & Lapp, 2021), jotka perustuvat vuoden 2011 toimenpidesuunnitelmalle. Perusparannus pitää sisällään seuraavat hankeosat: radan päällysrakenteen uusiminen (tukikerroksen vaihto ja 60 E1 -kiskotus betonipölkyin), routasuojaus- ja pohjanvahvistustyöt, siltojen ja rumpujen perusparannus tai uusiminen, raidegeometrian parantaminen, radan merkkien uusiminen, 73 tasoristeyksen poistaminen korvaavilla tasoristeyksillä sekä Närpiön ja Lohiluoman liikennepaikkojen poistaminen. Kustannusarviot laajalle peruskorjaukselle olivat hankearvioinneissa 130,2 milj. € (2017) ja 159,6 milj. € (2021). Radan perusparannus todettiin molemmissa arvioinneissa erittäin kannattamattomaksi.

Tässä tutkimuksessa tehty kustannusarvio perustuu edellisten tavoin Väyläviraston liikenneväylien hankearvioinnin yleisohjeeseen (Väylävirasto, 2022a). Investointikustannuksiin sisältyvät rakentamis- ja suunnittelukustannukset, rakennusaikaiset korot sekä julkisten varojen rajakustannus. Väyläviraston uusimman arvion mukaan radan peruskorjauksen kustannusarvio on nykyisin 240 milj. € (Väylävirasto, 2023b). Arvio ei perustu vuoden 2011 toimenpidesuunnitelmalle, vaan radalle on tehty uusi kuntokartoitus. Uudessa suunnitelmassa on mukana radan sähköistys. Lisäksi esimerkiksi radan sillat ovat aiempaa huonommassa kunnossa, mikä lisää korjauskustannuksia huomattavasti.

Taulukko 6:ssa on esitetty tämän tutkimuksen kustannusarvio radan perusparannukselle rakentamisen ja suunnittelun kustannusten osalta. Arvion kustannusrakenne perustuu muilta osin vuoden 2011 parannussuunnitelmaan, mutta siltojen suhteellisia kustannuksia on korotettu 50%. Siltojen korjaaminen on tyypillisesti kallista ja ne ovat nyt aiempaa huonommassa kunnossa, joten korotus arvioitiin todenmukaiseksi. Vuoden 2011 mukainen peruskorjaustarve ei ole enää ajankohtainen, mutta mallin yksinkertaistamisen vuoksi muita muutoksia ei ole tehty. Perusparannuksen osakohtaiset hinnat on arvioitu MAKU-indeksin perusteella vastaamaan 2023 hintatasoa (2020=100) (Tilastokeskus, 2023a). Lisäksi tämä arvio sisältävää radan sähköistyksen, jolle on arvioitu yksikköhinta

(n. 320 000 €/km) käyttäen vastaavia sähköistyshankkeita. Tässä arvioissa sähköistys on yksinkertaistamisen vuoksi lisätty omaksi osakseen kustannusarvioon. Arvion perusteella rakentamisen ja suunnittelun kustannuksiksi tulee noin 210 miljoonaa euroa.

Taulukko 6 Radan perusparannuksen suunnittelun ja rakentamisen kustannusarvio.

Radan osa	Kustannusarvio	
	M€	%
Maa-, pohja- ja kalliorakenteet	30,6	14,5 %
Päällysy- ja pintarakenteet	72,7	34,6 %
Turvalaitteet	2,8	1,3 %
Sillat	14,7	7,0 %
Urakoitsijan kustannukset	22,6	10,8 %
Suunnittelu	5,3	2,5 %
Rakennuttamistehtävät	25,3	12,1 %
Sähköistäminen	36,2	17,2 %
Yhteensä	210,1	100,0 %

Taulukko 7:ssä on esitetty radan perusparannuksen kokonaiskustannukset, jolloin rakentamisen ja suunnittelun kustannuksiin on lisätty rakentamisen aikaiset korot sekä julkisten varojen rajakustannus (Väylävirasto, 2022b). Julkisten varojen rajakustannus kertoo, kuinka paljon maksaa julkisten menojen lisäys, kun huomioidaan verotuksen lisäys ja tehokkuustappiot. Tässä tutkimuksessa rajakustannus on 20%. Rakennusajaksi on arvioitu tässä tutkimuksessa viisi vuotta aiempien hankkeiden neljän vuoden sijaan, johtuen muun muassa sähköistyksen takia kasvaneesta työmäärästä. Rakennusaikaisten korkojen määrittämisessä on käytetty 4,25%:n korkoa (Suomen pankki, 2023). Suunnittelun ja rakentamisen maksaessa 210,1 milj. € rakennusaikaisiksi koroiksi muodostuu noin 28,4 milj. €. Julkisten varojen rajakustannus on tällöin 47,7 milj. € ja koko hankkeen kustannusarvio 286 miljoonaa euroa.

Taulukko 7 Radan perusparannuksen kokonaiskustannusarvio.

Suunnittelu ja rakentaminen (M€)	210,1
Rakennusvuodet	5
Korko	4,25 %
Rakennuksen aikaiset korot (M€)	28,4
Julkisten varojen rajakustannus (M€)	47,7
Kustannukset yhteensä (M€)	286,1

Investoinnille voidaan laskea jäännösarvo niiden rakenteiden osalta, joiden pitoaika ylittää laskentajakson pituuden (30 vuotta) (Iikkanen & Lapp, 2021). Näitä ovat

alusrakenteet, sillat ja rummut. Jäännösarvo on 40% rakentamiskustannuksista ja diskonttauskorkona käytettiin 3,5 %:a. Maa-, pohja- ja kalliorakenteiden sekä siltojen kustannuksiksi arvioitiin 45,3 milj. € ja näille kohdistuvien rakennuttamiskustannusten suuruudeksi 18,4 milj. €. Jäännösarvo laskentajakson lopulla on 30,5 milj. €, joka on vuoteen 2023 diskontattuna 10,9 milj. €.

3.2.2 Ylläpitokustannukset

Radan ylläpitokustannukset koostuvat kunnossapidon kustannuksista ja radan kulumisen aiheuttamista kustannuksista (Iikkanen & Lapp, 2021). Perusparannetun radan, jossa on betonipölkkyt ja raskaat kiskot, kunnossapidon yksikkökustannuksena on 12 540 €/raidekm/vuosi. Nykyisessä kunnossa radan yksikkökustannus on 28 500 €/raidekm/vuosi. Kulumisen yksikkökustannuksena sähkövetoiselle tavaraliikenteelle on 0,16 snt/brtkm. Vuotuiset ylläpitokustannukset on kuvattu Taulukko 8:ssä.

Taulukko 8 Radan vuotuiset ylläpitokustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
kunnossapito/a (€)	3 220 500	1 417 020	0	1 417 020	0	1 417 020	0
kuluminen/a (€)	126 625	639 588	0	299 999	0	812 962	0
yht.	3 347 125	2 056 608	0	1 717 019	0	2 229 982	0

3.2.3 Päästökustannukset

Päästöt laskettiin Fingridin ja ISO 14083 standardin päästökertoimilla (Taulukko 9) huomioiden sekä polttoaineketjun energiantuotannon ja/ tai -toimittamisen (engl. well to tank, WTT) että energiankäytön osuus (engl. tank to wheels, TTW). Kasvihuonekaasujen kokonaismäärä hiilidioksidiekvivalentein (kgCO_{2e}) ilmaistuna on laskettu kaavalla 1, missä polttoaineen päästökerroin on taulukossa 6 esitetty operationaalinen (VO) tai energian tuotannon ja jakelun (VEP) osuuden kerroin käytetyn polttoaineen mukaisesti. Polttoaineen massa saadaan kaavasta 2, missä ρ on polttoaineen tiheys (l/km). Päästöjen intensiteetti saadaan kaavasta 3, jossa kaavan 1 tuottama kasvihuonekaasupäästöjen määrä jaetaan tonnikipometreillä. Kasvihuonekaasujen kokonaismäärä sähkölle energian tuotannon ajalta saadaan kaavalla 3. Sähköjunaliikenteen käytön aikaisia päästöjä pidetään nollapäästöinä (RAILI, 2021).

Taulukko 9 Energialähteiden tiedot (ISO 14083:2023).

Energianlähde	Alempi lämpöarvo (MJ/kg)	Tiheys (kg/l)	CO _{2e} -kerroin (kgCO _{2e} /kg)

			VO	VEP	yht.
Diesel	42,8	0,832	3,17	0,57	3,74
HVO diesel	44,0	0,77	0,00	1,26	1,26

$$(1) \quad kgCO_2e = polttoaine(kg) * polttoaineen päästökerroin \left(\frac{kgCO_2e}{kg} \right)$$

$$(2) \quad polttoaine(kg) = \frac{kulutus \left(\frac{l}{100km} \right)}{100} * \rho * kuljettu matka(km)$$

$$(3) \quad CO_2e\text{ intensiteetti} = \frac{kgCO_2e}{tkm}$$

$$(4) \quad kgCO_2e = sähköä(kWh) * sähkön päästökerroin \left(\frac{kgCO_2e}{kWh\ sähköä} \right)$$

Rautatieliikenteen päästökustannukset koostuvat linjavedon ja konsolidoinnin päästöistä. Hiilidioksidipäästöjen yksikkökustannuksena on käytetty 85 €/t (Trading Economics, 2023). Vuotuiset päästökustannukset on esitetty Taulukko 10:ssä.

Taulukko 10 Rautatieliikenteen vuotuiset päästökustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
päästökustannukset/a (€)	69 969	102 129	0	83 415	0	121 117	0

3.2.4 Onnettomuuskustannukset

Raideliikenteen onnettomuuskustannukset muodostuvat tasoristeysonnettomuuksien kustannuksista (Iikkanen & Lapp, 2021). Iikkasen ja Lappin (2021) arvion perusteella vaihtoehdossa VE0 onnettomuusennuste on 1,306 onnettomuutta vuodessa. Perusparannetulla radalla ennustettiin tapahtuvan 1,036 onnettomuutta vuodessa liikennemäärän kuljetusmäärän ollessa 450 000 tonnia vuodessa. Tässä tutkimuksessa eri skenaarioiden onnettomuusmäärät on arvioitu suhteuttamalla kyseinen luku liikennemääriin. Tasoristeysonnettomuuden yksikkökustannuksena käytettiin 840 000 euroa. Kokonaiskustannukset on esitetty Taulukko 11:ssä.

Taulukko 11 Tasoristeysonnettomuuksien vuotuiset kustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
onnettomuudet/a (€)	1 098 346	3 529 304	0	1 655 424	0	4 486 001	0

3.2.5 Julkinen talous

Rautatieliikenteen verojen ja maksujen osuus koostuu ratamaksusta (0,147 snt/brtkm) ja vaihtotyöveturin aiheuttamasta polttoaineverosta (0,28 €/l) (Väylävirasto, 2023f; Verohallinto, 2023). Junaliikenteen käyttämästä sähköenergiasta ei peritä veroa (Iikkanen ja Lapp, 2017). Julkistalouden tulot on esitetty Taulukko 12:ssä.

Taulukko 12 Rautatieliikenteen vuotuiset verot ja maksut.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
verot ja maksut/a (€)	121 021	608 199	0	287 419	0	774 597	0

3.3 Tien kustannukset

Kt 67 on luonnollinen vaihtoehto Suupohjan radalla kulkevan materiaalivirran kuljetuskäytäväksi. Tiehen kohdistuvat kustannukset ovat luonteeltaan samanlaisia ja vertailun vuoksi niitä on arvioitu tässä luvussa. Tiehen on arvioitu kohdistuvan vain päällystyskustannuksia, mutta todellisuudessa myös muut tien parantamiseen liittyvät kustannustekijät, kuten tien pohjarakenteen tai siltojen parantamisen kustannukset ovat mahdollisia. Tällaiset kustannukset nostaisivat tien kokonaiskustannuksia merkittävästi.

3.3.1 Päällystyskustannukset

Kantatiellä 67 kulkee päivittäin noin 7300–12000 ajoneuvoa, josta raskasta liikennettä on noin 540–830, eli noin 7% (2019) (Väylävirasto, 2023c). Liikennemäärän on arvioitu nousevan 12000–14000 ajoneuvoon vuorokaudessa vuoteen 2050 mennessä. Tien voidaan katsoa olevan vilkkaasti liikennöity maantie ja kuuluvan päällysteiden korjausluokkaan 1 (PK1), eli korkeimpaan korjausluokkaan (ELY-keskus, 2023a; ELY-keskus, 2023b). ELY-keskuksen mukaan vastaavilla tieosuuksilla päällysteen keski-ikä on 5–6 vuotta. Keskivilkkaalla maantiellä (PK2) päällysteiden keski-ikä on noin 9 vuotta.

Liikenne ei kuitenkaan jakaudu tasaisesti koko tielle, joten päällystyskustannusten laskemiseksi tielle on arvioitu keskimääräinen liikennemäärä. Väyläviraston karttapalvelulla tehdyn arvion mukaan koko Kt 67:n matkalla kulkee nykytilassa keskimäärin 4700 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskasta liikennettä on arviolta 340 (Väylävirasto, 2023d; Traficom, 2021). Tässä tutkimuksessa on arvioitu, että skenaariosta riippuen Kt 67:n keskimääräinen päivittäinen liikennemäärä vaihtelee 4700–5400 ajoneuvon (Taulukko 13), ja raskaan liikenteen määrä noin 330–660 ajoneuvon välillä (Sweco Finland Oy, 2023). Liikennemäärän voidaan olettaa vaikuttavan tien kulumiseen lineaarisesti (Unhola, 2004; ELY-keskus, 2023b). Tässä tutkimuksessa on arvioitu

päällysteen iäksi 7 vuotta päivittäisen liikennemäärän ollessa 4700–5100, ja 6 vuotta sen ollessa 5100–5400. 30:n vuoden aikana (radan käyttöikä peruskorjauksen jälkeen) tie päällystetään siis 5 tai 6 kertaa.

Taulukko 13 Päivittäinen liikennemäärä Kt 67.

Päivittäinen liikennemäärä Kt 67						
VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
4 732	5 174	5 352	4 732	4 778	5 174	5 352

Taulukko 14:ssä on esitetty Kt 67:n päällystyksen kustannukset 30:n vuoden aikana päällystyksen yksikkökustannuksesta ja päällystysintervallista riippuen. Laskennassa on oletettu, että koko tieosuus päällystetään uudestaan 6–7 vuoden välein. Tien pituus on 115 km. Väyläviraston vuoden 2023 alueellisten päällystys suunnitelmien perusteella päällystystyön hinnaksi maantielle on arvioitu noin 110–160 tuhatta euroa per kilometri. Tulevaisuuden kustannukset on diskontattu vuoteen 2023. Näillä taustaolettamilla päällystystöiden voidaan arvioida maksavan vuoden 2023 hintatasolla noin 63–110 milj. € 30:n vuoden aikana. Vaihtoehdoissa VE0, VE2a ja VE2b tien päällystyskustannukset ovat keskimäärin 77,7 milj. € ja vaihtoehdoissa VE1a, VE1b, VE3a ja VE3b keskimäärin 93,2 milj. €.

Taulukko 14 Kt 67 päällystyksen kustannukset 30 vuoden aikana.

Kt67 päällystyksen kustannukset 30 vuoden aikana (2023 taso)						
Päällystyksen hinta (€/km)	110 000	120 000	130 000	140 000	150 000	160 000
Kustannus, intervalli 7 vuotta (VE0, VE2a, VE2b) (M€)	63,3	69	74,8	80,5	86,3	92
Kustannus, intervalli 6 vuotta (VE1a, VE1b, VE3a, VE3b) (M€)	75,9	82,8	89,7	96,6	103,5	110,4

3.3.2 Ylläpitokustannukset

Suurempien parannustoimenpiteiden lisäksi tie vaatii myös säännöllisiä huoltotoimenpiteitä pysyäkseen liikennekelpoisena. Näihin kuuluvat esimerkiksi talvikunnossapito, merkintöjen uusiminen ja päällysteen paikkaukset. Näiden kunnossapitokustannusten lisäksi ylläpitokustannuksiin kuuluu tien kulumisen kustannukset. Väylävirasto seuraa teiden kuntoa ja tekee mittauksia teiden kunnan arvioimiseksi (Väylävirasto, 2023e). Kt 67:n kuntoluokitus on Seinäjoen ja Kauhajoen välillä pääosin hyvä, mutta Kauhajoen ja Kaskisten välillä tie on monilta osin tyydyttävässä tai jopa huonossa kunnossa (Väylävirasto, 2023d; Väylävirasto, 2023e). Kunnossapidon yksikkökustannus on 2095 €/km/vuosi (Väylävirasto, 2023g). Kulumisen kustannuksena on käytetty henkilöliikenteen osalta 0,12 snt/ajoneuvokilometri ja raskaan liikenteen

osalta 4,99 snt/ajoneuvokilometri (Unhola, 2004; Iikkanen ja Lapp, 2021). Tien ylläpidon kustannukset on esitetty Taulukko 15:ssa.

Taulukko 15 Kt 67:n vuotuiset ylläpitokustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
kunnossapito/a (€)	240 925	240 925	240 925	240 925	240 925	240 925	240 925
kuluminen/a (€)	879 334	1 179 027	1 518 721	879 334	953 909	1 179 027	1 518 721
yht.	1 120 259	1 419 952	1 759 646	1 120 259	1 194 834	1 419 952	1 759 646

3.3.3 Päästökustannukset

Päästöt laskettiin ISO 14083 standardin päästökertoimilla (Taulukko 9) huomioiden sekä polttoaineketjun energiantuotannon ja/tai -toimittamisen että energiankäytön osuus. Kokonaispäästöt laskettiin kaavalla 1 ja päästöjen intensiteetti kaavalla 3.

Tieliikenteen päästökustannukset laskettiin päästöjen määrän ja yksikköhinnan (85€/tonni) avulla. Vuotuiset päästökustannukset on esitetty Taulukko 16:ssa.

Taulukko 16 Tieliikenteen vuotuiset päästökustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
päästökustannukset/a (€)	1 491 832	2 129 905	2 889 887	1 491 832	1 658 676	2 129 905	2 889 887

3.3.4 Onnettomuuskustannukset

Tieliikenteen onnettomuuksien määrän arvioinnissa käytettiin 7,3 onnettomuutta/100 milj. ajokm (Iikkanen ja Lapp, 2021). Onnettomuuden yksikkökustannus on 442 000 €. Vuotuiset onnettomuuskustannukset on esitetty Taulukko 17:ssa.

Taulukko 17 Kt 67:n vuotuiset onnettomuuskustannukset.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
onnettomuudet/a (€)	6 145 479	6 719 507	6 939 158	6 145 479	6 193 701	6 719 507	6 939 158

3.3.5 Julkinen talous

Tien julkisen talouden tuotot koostuvat henkilö- ja raskaan liikenteen polttoaineveroista. Raskaalle liikenteelle käytettiin dieselöljyn polttoaineveroa (0,5948 €/l) ja henkilöliikenteelle dieselöljyn ja bensiinin (0,7596 €/l) veron keskiarvoa (0,6772 €/l). Maantieliikenteen vuotuiset verotulot on esitetty Taulukko 18:ssa.

Taulukko 18 Kt 67:n liikenteestä aiheutuvat vuotuiset verotulot.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
verot ja maksut/a (€)	9 855 075	11 698 648	13 358 779	9 855 075	10 219 535	11 698 648	13 358 779

4 WP3 TOIMITUSKETJUN DIGITALISAATION NYKY- JA TAHTOTILA

4.1 Digitalisaation tason seuranta

Digitalisaation tason seuranta tehdään valtiotasolla kyselytutkimusten avulla, kuten esimerkiksi Suomessa DigiBarometrissä (2022). Yritystasolla voidaan myös suorittaa digitalisaation tason seuranta monin eri arviointimenetelmin. Yleisimpiä tapoja mitata digitalisaation tasoa yrityksissä ovat kypsyytason (engl. digital maturity) ja valmiustason (engl. digital readiness) arviointi. Käytettävä mittari valitaan sen perusteella, mitä tarkoitusta varten seuranta tehdään. Kun tiedetään, mitä mittaria halutaan käyttää, valitaan tietty malli, jolla mitataan taso ja verrataan sitä muihin yrityksiin.

Digitalisaation seuranta on luonteeltaan nopeasti muuttuvan asian seuranta. Teknologiat kehittyvät ja työnteon tavat muuttuvat, joten digitalisaation tasoa tulisi mitata säännöllisesti, esimerkiksi vuosittain. Tutkimukselle voi asettaa tavoitteeksi, että sen tekoa automatisoidaan ja toteuttamiseen kehitetään prosessi, jota hiomalla digitalisaation tason seuranta muodostuu mahdollisimman vaivattomaksi.

Digitalisaation tason nostaminen ja nouseminen edelläkävijäksi on mahdollista seuraavien toimenpiteiden avulla:

1. Digitalisaation tason nykytilan arviointi
2. Digitalisaation tason kohottaminen arvioinnin perusteella
 - a. Digitalisaation edellytysten lisääminen: osaaminen, infra, ...
 - b. Digitaalisten teknologioiden käytön lisääminen
 - c. Digitalisaation positiivisten vaikutusten lisääminen
3. Toimenpiteiden onnistumisen arviointi osana seuraavaa digitalisaation tason nykytilan arviointia

4.2 Digitalisaatio, digitaalinen transformaatio, teollisuus 4.0 ja teollisuus 5.0

Digitalisaatio voidaan määritellä laajamittaiseksi digitaalisten, reaaliaikaisten ja verkottuneiden teknologioiden, tuotteiden ja palveluiden käyttöönotoksi. Keräämällä, analysoimalla ja vaihtamalla valtavia määriä tietoa kaikenlaisista toiminnoista se

mahdollistaa ihmisten, yritysten, hallitusten ja jopa koneiden pysymisen yhteydessä ja kommunikoimisen keskenään. (Eremina ja muut, 2019)

Digitaalinen transformaatio (DT, engl. digital transformation) sisältää toimijoiden, kuten yritysten ja asiakkaiden, verkostoitumisen kaikilla arvoketjun osa-alueilla sekä uusien teknologioiden soveltamisen. DT vaatii taitoja, jotka liittyvät tiedon keräämiseen ja vaihtoon sekä tiedon analysointiin ja muuntamiseen toimintatarkoituksiin. Tätä tietoa tulisi käyttää päätösten tekemiseen ja/tai uusien toimintojen kehittämiseen. DT pyrkii parantamaan suorituskykyä vaikuttamalla eri osa-alueisiin, kuten yrityksiin, liiketoimintamalleihin, prosesseihin, suhteisiin ja tuotteisiin. Tämä voi tuoda mukanaan etuja, kuten syvemmän ymmärryksen asiakkaista, korkeamman tuottavuuden sekä mahdollisuuden luoda uusia liiketoimintamalleja (Eremina ja muut, 2019). DT on jatkuva evolutiivinen prosessi, joka vaihtelee toteuttavien organisaatioiden välillä ja perustuu niiden digitalisaation kypsyystasoon (Raza ja muut, 2023). DT:n menestys riippuu digitalisaation kypsyystasosta (Sándor & Ákos, 2023). Toisaalta Sándorin ja Cubanin (2021) mukaan DT:ta pyritään toteuttamaan juuri korkeamman digitalisaation kypsyyssasteen ja siten kilpailuedun saavuttamiseksi (Brodny & Tutak, 2023).

Teollisuus 4.0 kattaa teollisuuden, palveluiden ja kuluttajamarkkinoiden digitaalisen transformaation ja viittaa ydinteknologioiden pilareihin, jotka vaikuttavat merkittävästi teollisuus- ja palvelutoimintaan (Tutak & Brodny, 2022). Nämä pilarit sisältävät seuraavat teknologiat: 1) big data -analyysi tai -analytiikka, 2) simulointi ja optimointi, 3) pilvipalvelut tai pilviteknologiat, 4) lisätty ja virtuaalinen todellisuus (AR/VR), 5) vaakasuuntainen ja pystysuuntainen järjestelmien integraatio, 6) esineiden internet (IoT) ja teollisuuden esineiden internet, 7) 3D-tulostus, 8) teollisuus- ja yhteistyörobotit sekä autonomiset robotit, 9) tietoturva ja 10) tekoäly (Brodny & Tutak, 2023; Tutak & Brodny, 2022).

Teollisuus 5.0 -lähestymistapa keskittyy teollisuus 4.0 -lähestymistapaa enemmän ihmislähtöiseen näkökulmaan, työntekijää korostaen. Tärkeitä menestystekijöitä kestävämmän DT:n saavuttamisessa ovat muun muassa uusien teknologioiden käsittelyssä tarvittavat taidot, motivaatio ja ihmisten hyvinvointi. Tutkimuksen ja innovaatioiden on tarkoitus ohjata siirtymää kohti kestävä, ihmislähtöistä ja joustavaa teollisuutta (Hein-Pensel ja muut, 2023).

4.3 Digitalisaation kypsyystaso

Digitalisaation kypsyystaso tarkoittaa yritysten kykyä hyödyntää teknologioita tehokkaasti prosesseissaan. Se kuvastaa sitä tasoa, jolla organisaatio käyttää teollisuus 4.0 -teknologioita (Brodny & Tutak, 2023). Tutkimusten määrä, joissa arvioidaan

digitalisaation kypsyystasoa teollisuus 4.0 -teknologioiden käytössä, on kasvanut viime vuosina merkittävästi, mikä osoittaa aiheen ajankohtaisuuden (Brodny & Tutak, 2023).

Digitalisaation kypsyystaso viittaa siis nimenomaan yrityksen halukkuuteen ja kykyyn muuttua ja soveltaa teknologioita trendien mukaisesti, jotta se säilyisi kilpailukykyisenä markkinoilla. Kyse on siitä, että organisaatio mukautuu jatkuvasti kilpaillakseen tehokkaasti yhä digitaalisemmaksi muuttuvassa ympäristössä. Konsulttiyritykset, kuten Deloitte ja BCG, ovat kehittäneet mittausvälineitä digitaalisen kypsyyden arviointiin (Eremina ja muut., 2019). Jos kypsyystaso on korkea, digitalisaatio on helppo toteuttaa ja DT:sta selviää hyvin.

Digitalisaation kypsyystaso voidaan määritellä myös tasona, jossa organisaatiot ovat sopeutuneet digitaaliseen liiketoimintaympäristöönsä. Korkeamman kypsyystason odotetaan johtavan parantuneeseen yrityksen suorituskykyyn, tehokkuuteen, parempaan asiakastyytyväisyyteen ja ympäristöystävällisyyteen.

Digitalisaation kypsyystaso koostuu kahdesta ulottuvuudesta: digitaalisesta intensiteetistä ja muutoksenhallinnan intensiteetistä. Digitaalinen intensiteetti liittyy digitaalisiin kyvykkyyksiin ja investointeihin teknologiaan perustuviin aloitteisiin, jotka muuttavat yrityksen toimintatapoja, asiakassuhteita, sisäisiä toimintoja ja jopa liiketoimintamalleja. Toisen ulottuvuuden muodostavat visio, hallinnointi ja johtamiskyvykkyydet, jotka ovat tarpeen DT:n edistämiseksi organisaatiossa (Raza ja muut, 2023).

Kypsyys DT:ssa voi kehittyä organisaation kyvykkyyksien tuloksena. Jokaisessa yrityksessä on DT:n osaamista, ja sitä voidaan kehittää edelleen. (González-Varona ja muut, 2021) On olemassa digitalisaation kypsyysmalleja, jotka auttavat yritystä arvioimaan digitalisaation kypsyysasteensa ja antavat suosituksia parannuksista, jotka auttavat yritystä saavuttamaan korkeamman tason ja menestymään DT:ssa. Näitä kypsyysmalleja on vähintään 12 erilaista (Pinto ja muut, 2023; Raza ja muut, 2023).

DT:n onnistumisen kannalta on keskeistä arvioida yrityksen nykyinen digitalisaation kypsyystaso, suunnitella etenemisstrategiat ja samalla huomioida ne haasteet, jotka ovat keskeisiä digitalisaation edistämässä yrityksessä. Teollisuus 4.0 -kypsyysmallien ulottuvuudet ovat seuraavat: teknologia, strategia ja johtaminen, organisaatio ja prosessit, työntekijät, data, yrityskulttuuri, tuotteet ja palvelut, asiakas- ja yritys ympäristö (Hein-Pensel ja muut, 2023).

Digitalisaation kypsyystason mittaaminen on ensimmäinen vaihe onnistuneen digitalisaatiostrategian suunnittelussa ja kehittämisessä. Kypsyysmallien avulla yritykset voivat arvioida tavoitteitaan, vahvuuksiaan ja heikkouksiaan, vertailla itseään muihin yrityksiin sekä saada ehdotuksia tulevista toimenpiteistä nykyisen kypsyystason perusteella.

EU-maissa toteutetun tutkimuksen mukaan yritysten digitalisaation kypsyystaso vaihtelee eri maissa. Suomi, Malta ja Tanska ovat korkealla tasolla, kun taas Unkari, Romania, Bulgaria, Kreikka ja Latvia ovat aloittelijatasolla, mutta vaihtelua esiintyi eri teknologioiden välillä (Tutak & Brodny, 2022).

4.4 Digitalisaation valmiustaso

Yleisimmät tavoitteet teollisuus 4.0:n soveltamisessa liittyvät strategiaan, investointeihin ja liiketoimintamalliin, tuotelaadun parantamiseen, kustannusten vähentämiseen, valmistusajan lyhentämiseen ja tuottavuuden lisäämiseen (Trstenjak ja muut, 2022).

Valmius digitaaliseen murrokseen rakentuu monialaisesta hallintotavasta, digitaalisesta ja ylimmän johdon johtamisesta, sitoutuneiden tiimien johtamasta muutoksesta, tavoitteiden määrittelemisestä ja digitalisaation sitomisesta strategiaan. Muutoksen saavuttamiseksi hyötyjen ja tarpeiden pitäisi olla selvillä, samoin mahdollisuuksien ja riskien. Lisäksi pitäisi määritellä tarvittava osaaminen ja resurssit, edistää digitaalista johtamista ja monialaisuutta, määritellä tavoitteet, viestiä selkeästi eri sidosryhmien kanssa, mitata digitaalisen murroksen edistymistä, sekä toteuttaa digitaalista tietojohtamista ja sidosryhmäyhteistyötä. (Machado ja muut, 2021). Tutkijat ovat kehittäneet monia keinoja mitata valmiutta digitaaliseen murrokseen. Valmius voidaan jakaa esimerkiksi seuraaviin kuuteen tasoon (Pacchini ja muut, 2019) :

1. Kehittymätön: yrityksellä on pinnallista osaamista pienestä määrästä teknologioita (tai ei mistään)
2. Aloittelija: yrityksellä on jonkin verran osaamista joistakin teknologioista, mutta kaikkea ei osata.
3. Alkuvaihe: yrityksellä on hyvää osaamista teknologioista, mutta kaikkea ei ole vielä alettu käyttää
4. Keskitaso: yrityksellä on kaikki osaaminen teknologioista ja kaikkea on alettu ottamaan käyttöön
5. Edistynyt: yrityksellä on kaikki osaaminen teknologioista ja kaikkea käytetään paljon
6. Valmis: yrityksellä on käytännössä kaikki tarvittava teknologia maksimaalisesti käytössä

Samankaltaista mittaamista on tehty myös viisitasoisena. Siinä aloittelijat tekevät määriteltyjä prosesseja vain osittain (taso 1). Seuraavalla tasolla (2) projekteja johdetaan

ja toimintoja on suunniteltu. Kolmannella tasolla toimintatapoja on määritelty, dokumentoitu ja valvottu. Neljännellä tasolla tuotteiden ja prosessien valvonta on numeerista, ja ylimmällä eli viidennellä tasolla tiimit optimoivat toimintojaan (Poor ja muut, 2021). Taulukko 16 esittelee muita esimerkkejä valmiuden mittaamisesta.

Taulukko 19 Esimerkkejä valmiuden mittaamisesta digitalisaatiossa / DT:ssa

Valmius digitaaliseen murrokseen, pk-yritykset	Valmius kyselyllä mitaten
Asiakaskeskeinen innovatiivisuus	1. Liiketoimintamallit ja tuotteet: tuotteiden digitaaliset ominaisuudet, tuotteistetut tuotteet tuotteiden elinkaaren vaiheiden digitalisaatio, datan analysointi ja kerääminen, ... 2. Integroidut myyntikanavat, myyntihenkilöstön digitalisaatio, ... 3. Arvoketjut ja toiminnot: vertikaalinen arvoketjujen digitalisaatio, itseoptimoituvat prosessit (AI/ML), reaaliaikainen prosessien valvonta, tuotantolaitteiden digitalisaatio, ... 4. IT-infrastruktuuri 5. Lainsäädäntö ja turvallisuus: IP, riskit, IT-turvallisuus 6. Organisaatio ja strategia: arvonluonti datasta, johdon tuki, yhteistyö digitalisaatio -asioissa yhteistyökumppaneiden kanssa, digitalisaatiostrategia, investoinnit, osaaminen (Govindan & Arampatzis, 2023)
Tietoisuus uudesta teknologiasta	
Epävarmuuden käsittely (teknologiaan luottaminen)	
Vanhan teknologian liittäminen uuteen	
Riittävät tekniset taidot	
Taloudellinen tuki	
Johdon tuki	
Kilpailu ja liikekumppaneiden tuoma paine	
Asiakkaiden odotukset	
Toimitusketjujen johtamien ja yhteistyö	
Kestävän kehityksen mukainen toiminta	
Globaalit yhteydet	
Internet-infrastruktuuri	
Modulaarisuus (joustavuutta)	
Yhteydet datan levittämiseen (Sriram & Vinodh, 2021)	

4.5 Digitalisaation kypsyystaso kohtaa digitalisaation valmiustason

Kypsyys ja valmius ovat niin lähellä toisiaan, että niitä käytetään toisinaan synonyymeinä tai niiden välille ei tehdä eroa. Käsitteiden välillä voidaan kuitenkin havaita eroja. Valmiuden arviointi tapahtuu yleensä ennen kypsyystasoa, kun taas kypsyysarvioinnin tavoitteena on kuvata yrityksen senhetkinen tila sellaisena kuin se on (Williams ym., 2022). Oletetaan, että jos organisaatiolla on hyvä valmius DT:ssa, sillä oletetaan olevan myös riittävä digitalisaation kypsyystaso (Pacchini ja muut, 2019). Kypsyyttä ja valmiutta tutkitaan kuitenkin usein samoissa tutkimuksissa (Tutak & Brodny, 2022).

Poor ja muut totesivat, että useissa teollisuus 4.0-valmiusmalleja käsitelleissä tutkimuksissa mitattiin kuitenkin kypsyyttä valmiuden sijaan (Poor ym., 2021). Tämä saattaa johtua siitä, että digitalisaation valmius riippuu yrityksen kyvykkyyksien kypsyystasosta (Govindan & Arampatzis, 2023). Monissa tutkimuksissa ei tehdä selkeää eroa valmiuden ja kypsyiden välillä (Kayikci ja muut, 2022).

Valmiusmallit tarjoavat johtajille työkalun tunnistaa kohdat, joita tulisi kehittää, kun teollisuus 4.0 otetaan käyttöön (Pacchini ja muut, 2019). Valmiusmallit toimivat arviointityökaluina, joiden avulla voidaan selvittää, onko organisaatio valmis aloittamaan kehitysprosessin vai ei, kun taas kypsyyssmallit pyrkivät osoittamaan, millä kypsyytasolla organisaatio on ja tarjoamaan vaiheittaisen ohjeistuksen jatkuvan parannusprosessin tueksi (Saad ja muut, 2021).

4.6 Satamien digitalisaation nykytila

Suomessa satamien digitalisaation nykytila vaihtelee satamittain. Satamien digitalisaation keskeisiä tavoitteita ovat kustannustehokkuus, asiakastytyväisyys, toiminnan tehokkuus ja turvallisuus. Suomen satamissa hyödynnetään monia digitaalisia ratkaisuja, kuten automatisoituja lastinkäsittelyjärjestelmiä, satamalogistiikan hallintaohjelmistoja, reaaliaikaisia tiedonkeruujärjestelmiä, sataman operointia helpottavia mobiilisovelluksia ja digitaalisia tiedonvaihtoratkaisuja satamien välillä. Näiden ratkaisujen tavoitteena on tehdä satamista yhtenäisempiä ja tehokkaampia, ja siten parantaa niiden kilpailukykyä ja helpottaa sataman asiakkaiden, kuten varustamojen ja kuljetusyritysten toimintaa. Suomessa toteutetaan lukuisia satamien digitalisaatioprojekteja. Nämä projektit edellyttävät usein yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa ja niissä hyödynnetään uusia teknologioita, kuten tekoälyä, esineiden internetiä ja lohkoketjua. Kaiken kaikkiaan Suomen satamien digitalisaation valmius- ja kypsyyssotot ovat monelta osin kehittyviä. Digitaalisen kehityksen tiellä on kuitenkin vielä esteitä, ja monilla satamilla on tavoitteidensa saavuttamiseksi paljon työtä tehtävänä. (Saarikoski & Helminen, 2019)

4.6.1 DigiPort

Vuosina 2017–2019 toteutettu DigiPort oli tutkimus- ja kehityshanke, jonka tavoitteena oli pureutua satamien digitalisaatioon ja edistää tietopohjaista päätöksentekoa. Erityisenä fokuksena hankkeessa oli avoimen datan toimintamalli, jonka avulla voitaisiin tehostaa liiketoimintaa ja luoda uusia tuotteita ja palveluita. Olennaiseksi hankkeessa nähtiin tiedon liikkuminen organisaatioiden ja toimialojen välillä. (Saarikoski & Helminen, 2019)

Tutkimuksessa todettiin, että etenkin yleiset kunnalliset satamat ovat digitalisaation kehittämisen suhteen pirstaloituneita. Tällaiset satamat ovat usein monitoimijaympäristöjä, missä kukin toimija edistää digitalisaatiota omilla tahoillaan ja omista lähtökohdistaan. Digitalisaation kehittäminen ei kuitenkaan ole minkään yksittäisen toimijan tehtävä, vaan se vaatii laajaa yhteistyötä eri sidosryhmien kesken. (Saarikoski & Helminen, 2019)

4.6.2 Portnet

Portnet on satamaliikenteen tietojärjestelmä, jonka avulla voidaan seurata Suomen meriliikenteen saapuvia ja lähteviä aluksia ja niiden lasteja (Tulli, 2018). Palvelua ylläpitää Traficom ja siitä hyötyvät muun muassa Tulli, merenkulkuviranomaiset ja muut merenkulun sidosryhmät (Traficom, 2023a). Portnet on suunniteltu helpottamaan ja tehostamaan satamatoimintojen hallintaa sekä tietojenvaihtoa eri osapuolten välillä satamaympäristössä. Se on digitaalinen alusta, joka helpottaa tietojen ja dokumenttien vaihtoa satamissa toimivien yritysten, viranomaisten ja muiden sidosryhmien välillä. Portnetin tavoitteena on lisätä satamien tehokkuutta, vähentää hallinnollista taakkaa ja parantaa logistiikkaprosessien sujuvuutta.

Portnetin kautta voi suorittaa erilaisia satamaan liittyviä tehtäviä ja toimintoja, kuten lastinseurantaa, tullimuodollisuuksien käsittelyä, rahtikäsittelyä ja varastoinnin hallintaa. Portnetin tarkoitus on alustana olla osa satamien ja logistiikkapalvelujen modernisointia ja automatisointia, mikä parantaa Suomen kansainvälisen kaupan kilpailukykyä. Portnetin avulla sidosryhmät voivat jakaa ja päivittää tietoja reaaliajassa, mikä vähentää manuaalisten tietojen syöttämisen tarvetta ja virheiden mahdollisuutta. Tämä nopeuttaa satamatoimintoja ja parantaa toimitusketjun hallintaa. (Traficom, 2023a)

4.6.3 Nemo

Suomen on tarkoitus siirtyä vuonna 2025 NEMO-tiedonhallintajärjestelmään, mikä korvaa nykyisen Portnet-palvelun. Merenkulun tiedonhallintajärjestelmä NEMO on uusi kansallinen järjestelmä, joka on suunniteltu helpottamaan matkustaja- ja rahtialusten satamakäyntien ilmoitusten antamista. Järjestelmä on tarkoitettu kaikkien niiden käyttöön, jotka ovat mukana satamakäyntien lakisääteisten ilmoitusten käsittelyssä. NEMO-järjestelmä perustuu EU-asetukseen, joka pyrkii harmonisoimaan ilmoittamiskäytännöt EU-alueella. (Fintraffic, 2023)

NEMO-järjestelmä tuo muutoksen ilmoitusvelvollisuuteen liittyvään prosessiin. Tulevaisuudessa ilmoitusvelvollisten tiedot syötetään järjestelmään vain kerran, ja järjestelmä välittää nämä tiedot automaattisesti useille eri vastaanottajille. Tämä vähentää manuaalista työtä, kuten puhelinkeskusteluja ja sähköpostiviestejä, ja estää tietojen moninkertaisen syöttämisen eri järjestelmiin. (Fintraffic, 2023)

NEMO-järjestelmä sisältää nykyiset ilmoitusvelvollisuudet, ja siihen lisätään uusi Tullin tavarailmoituskokonaisuus. Järjestelmän suunnittelusta, ylläpidosta ja käytönaikaisesta tuesta vastaa Fintraffic. Järjestelmää kehitetään tiiviissä yhteistyössä satamatoimijoiden ja viranomaisten kanssa, jotta se täyttää vaatimukset ennen kuin se otetaan käyttöön vuonna 2025. Mukana kehitystyössä ovat kaikki satamatoimijat, mukaan lukien

varustamot, laivameklarit, huolitsijat, laivaajat, kuljetusyrietykset, satamat, satamaoperaattorit ja eri viranomaiset. Myös muut kiinnostuneet toimijat voivat osallistua kehitystyöhön. Tavoitteena on rakentaa NEMO-järjestelmästä joustava alusta, joka mahdollistaa lakisääteisten ilmoitusten lisäksi eri satamatoimijoiden tarpeiden mukaisen palvelun kehittämisen. (Fintraffic, 2023)

4.7 Maantieliikenne

Maantieliikenteessä, kuten yleisestikin logistiikassa, keskiössä on tiedon hallinta ja kulku koko toimitusketjussa. Tiedonkulun kehitys takaa tuotteiden tilausten, toimitusvahvistusten, saapumisilmoitusten ja pakettien seurannan sekä oikea-aikaiset toimitukset oikeisiin kohteisiin. Muutama vuosikymmen takaperin tiedonkulku perustui puhelimiin ja fakseihin, mutta myöhemmin nämä välineet korvattiin sähköpostilla. Nykyään pyritään kuitenkin yhä enemmän automatisoituun digitaaliseen tiedonvälitykseen, jossa eri tietojärjestelmät pystyvät kommunikoimaan suoraan keskenään. Tämä on keskeinen osa digitalisaation edistymistä. Muutos digitaalisempaan suuntaan on ollut varsin nopea ja jatkuvasti kehittyvä prosessi, minkä vuoksi digitalisaation valmius- ja kypsyystasot vaihtelevat merkittävästi eri sidosryhmien välillä.

Logistiikkayrityksille digitalisaation käytännön sovellukset ovat moninaiset. Yksi esimerkki on sähköinen kuljetustilauksjärjestelmä, joka mahdollistaa kuljetuksien tilaamisen ja hallinnoinnin sekä tarvittavien asiakirjojen saamisen kuljetuksen antajalle. Tällainen järjestelmä parantaa tehokkuutta ja tietojen saatavuutta toimitusketjussa, mikä puolestaan edistää oikea-aikaista toimitusta ja asiakastyytyväisyyttä.

Digitalisaation merkittävimpinä kehitystrendeinä pidetään autonomisten kuljetusvälineiden yleistymistä, logistiikan solmukohtien automatisoitumisen kasvua, uusien digitaalisten palvelujen ja tilauskanavien lisääntymistä, sekä tuotantoteknologian ja -automaatiikan kehittymistä ja käyttöönottoa (Pöyskö ja muut, 2020; Pöyskö ja muut 2016).

Digitalisaatio ohjaa logistiikka-alaa kohti yhdistettyä, älykästä, tehokasta ja ympäristöystävällistä logistiikkaekosysteemiä, joka tarjoaa täyden läpinäkyvyyden kaikille osapuolille. Tämä digitaalinen logistiikkaekosysteemi perustuu neljään keskeiseen mahdollistajaan: teknologiaan, prosesseihin, organisaatioihin ja tietoon (Kayikci, 2018).

Digitalisaation tärkeimmät sovellusalueet logistiikassa sisältävät yhteistyön (jakamisen varastojen ja kuljetuskapasiteetin osalta), yhdistettävyyden (rajapintojen tärkeyden), sopeutumiskyvyn (avoimen, dynaamisen ja mukautuvan järjestelmän), integraation (kyvyn yhdistää, integroida ja jakaa dataa, resursseja, järjestelmiä ja prosesseja

reaaliajassa), autonomisen hallinnan (hajautetun, itsenäisen päätöksenteon) ja kognitiivisen kehityksen asioita (Kayikci, 2018).

4.7.1 Sähköiset kuljetustiedot

Vuonna 2026 koko EU-alueella ollaan ottamassa käyttöön sähköiset kuljetustiedot (engl. Electronic Freight Transportation Information, eFTI), mikä mahdollistaa kuljetusten paperittomuuden. Suomessa eFTI-asetuksen toimeenpanosta vastaa Traficom, ja siirtymää puolestaan koordinoi Fintraffic. Lisäksi Fintraffic toimii sähköisten kuljetustietojen välittäjänä eri viranomaisten ja toimijoiden välillä (Traficom, 2023b). Suomessa käyttöönoton on määrä tapahtua vuosina 2024-2025. Paperittomuuden myötä muun muassa rahtikirjat tullaan sähköistämään, mikä mahdollistaa sujuvamman liikenteen maiden välillä (Fintraffic, 2022). Tulevaisuudessa sähköisiä kuljetustietoja voidaan hyödyntää moniin eri tarkoituksiin. Esimerkiksi kun tiedetään etukäteen kuljetettavan rahdin mitat ja painot, voidaan täyttöastetta mukauttaa paremmin. Lisäksi päästöjen laskeminen tarkentuu ja helpottuu, kun tiedetään tarkemmin kunkin kulkuneuvon rahti.

4.8 Raideliikenne

Rautatieliikenne on Suomessa käymässä läpi merkittävää digitalisaatiota. Tavoitteena on tehdä raideliikenteestä turvallisempaa, tehokkaampaa ja ympäristöystävällisempää. Yksi tärkeimmistä digitalisaation osa-alueista on junien kulunvalvontajärjestelmän uudistaminen. Nykyinen JKV-järjestelmä korvataan ERTMS-järjestelmällä, joka on yhteensopiva muiden Euroopan maiden kanssa. Digitalisaatiota hyödynnetään myös junaliikenteen suunnittelussa ja ohjauksessa. Esimerkiksi tekoälyä käytetään liikenteenohjauksen tehostamiseen ja junien täsmällisyyden parantamiseen.

Rautatieliikenteen digitalisaation keskeinen ajuri Suomessa on Digirata-hanke. Hankkeen tavoitteena on uudistaa junien kulunvalvontajärjestelmä, rataverkon sähköistys ja rataverkon hallintajärjestelmät. Hankkeen kustannusarvio on noin 3 miljardia euroa ja sen on määrä valmistua vuoteen 2040 mennessä.

4.8.1 Digirata

Digirata-hanke on Suomen valtion toteuttama hanke, jonka tavoitteena on uudistaa Suomen rautatieverkostoa ja rautatieliikennejärjestelmää. Nykyisen kulunvalvontajärjestelmän JKV:n tullessa elinkaarensa päähän, siirtyy Suomi eurooppalaiseen kulunvalvontajärjestelmään (ERTMS). ERTMS koostuu kahdesta osasta:

ETCS-järjestelmästä (European Train Control System) ja 5g-pohjaisesta rautateiden FRMCS-radioverkkojärjestelmästä (Future Radio Mobile Communication System). Hankkeen yhteistyökumppaneina toimivat Fintraffic, HSL, Liikenne- ja viestintäministeriö, Traficom, VR sekä muut rautatieliikenteenharjoittajat. (Pylvänäinen ja muut, 2020; Väylävirasto, 2021)

4.8.2 ERTMS

Euroopan rautatieliikenteen hallintajärjestelmä (ERTMS) on yhtenäinen koko Euroopan opastus- ja nopeudenvälvontajärjestelmä, joka varmistaa eri kansallisten rautatieverkkojen yhteentoimivuuden, alentaa ilmoitusjärjestelmien hankinta- ja ylläpitokustannuksia, parantaa infrastruktuurin kapasiteettia ja turvallisuustasoa sekä lisää junien nopeuksia (Euroopan unionin rautatievirasto, 2018). Tavoitteena on tehdä ERTMS:n avulla Euroopan junaliikenteestä turvallisempaa ja kilpailukykyisempää. Sen odotetaan olevan merkittävä kehitystä ohjaava tekijä rautatieteknologian saralla.

Vaikka Suomi ei voi sijaintinsa ja poikkeavan raidelevyden vuoksi olla osa Euroopan rataverkkoa, järjestelmästä on paljon hyötyä. ERTMS mahdollistaa jo olemassa olevien järjestelmien valvomisen, junien nopeuksien mukauttamisen ja toiminnan turvallisuuden parantamisen. Se mahdollistaa myös ratakapasiteetin lisäämisen. (Rajalehto ja muut, 2023; Pylvänäinen ja muut, 2020)

Kapasiteetin lisäämisessä on hyvä huomioida operoitavan linjan eri osien ominaisuudet, jotka vaikuttavat oleellisesti siihen, kuinka suuri hyöty kapasiteetin lisäyksellä voidaan saavuttaa. Siirtyminen ERTMS-järjestelmään takaa laadukkaat ja kehittyvät yhtenäiset ratkaisut. Laadun lisäksi ERTMS:n etuja ovat kuljetusten joustavuus ja nopeus, jolloin operaattorit pystyvät vastaamaan paremmin toimitusketjun tarpeisiin. ERTMS-kehitys luo myös kehitystarpeita tietovirtojen integraatiolle koko toimitusketjussa. (Rajalehto ja muut, 2023; Pylvänäinen ja muut, 2020)

4.9 Digitalisaation nykytila Suupohjan kuljetuskäytävän toimijoilla

Yleisesti ottaen yritysten suhtautuminen digitalisaation hyödyntämiseen vaikuttaa positiiviselta, mutta innostus asiaa kohtaan tuntuu uupuvan. Haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että yrityksen koolla, henkilöstömäärällä ja liikevaihdolla on vahva positiivinen korrelaatio digitalisaation valmiustasoon ja kypsyyssasteeseen. Digibarometrin mukaan Suomen katsotaan olevan Euroopan tasolla kärkimaita digitalisaatiossa. Kuitenkin logistiikka-alan yrityksissä digitalisaatio tuntui tehtyjen haastatteluiden perusteella näkyvän alueen yrityksissä heikommin suhteessa

Digibarometrin ja pk-yritysbarometrin tuloksiin (Malinen ja muut, 2023; Mattila ja muut, 2022). Maailmanpankin Logistics Performance Index:ssä (2023) Suomi on keskiarvallisesti kymmenen parhaan joukossa, mutta vuonna 2022 Suomi ylsi kokonaispisteillään jopa sijalle kaksi.

Haastatteluiden perusteella voidaan päätellä, että yrityksen koko voi vaikuttaa merkittävästi digitalisaation edistämiseen useilla tavoilla. On tärkeää huomata, että digitalisaation edistäminen ei ole yksinomaan suurten tai pienten yritysten etuoikeus, vaan kumpikin voi hyödyntää digitalisaatiota omalla tavallaan.

Suuremmat yritykset saattavat olla paremmassa asemassa resurssien suhteen, kun taas pienemmät yritykset voivat joutua toimimaan rajallisemmilla resursseilla. Resurssien määrä saattaa näkyä esimerkiksi jonkin tietyn teknologian käyttöönotossa, sillä suuremmilla yrityksillä on yleensä jo olemassa osaaminen ja infrastruktuuri uuden teknologian käyttöönottoa ajatellen. Toisaalta pienet yritykset saattavat olla matalan organisaatorakenteensa vuoksi ketterämpiä, jolloin muutosten ajaminen on usein helpompaa. Jos pienen yrityksen omistaja tai johto ei kuitenkaan näe vanhoissa toimintatavoissa parantamisen varaa, on riskinä, ettei nykyiseen haluta muutosta. Suuremmissa yrityksissä muutosta ajaa yleensä useampi taho.

Pienemmät yritykset ovat myös usein varsin keskittyneitä asiakasryhmänsä ja tarjoamansa suhteen. Logistiikan sektorilla digitalisaation tarjoamat ratkaisut ovat usein varsin mittavia ja vaativat siksi merkittäviä investointeja, mikä taas vaikuttaa investoinnin houkuttelevuuteen ja kannattavuuteen. Riippuen yrityksen markkinasegmentistä ja koosta, investoiminen digitalisaatioon vaihteli merkittävästi haastateltujen yritysten välillä. Yhteenvetona voidaan todeta, että sekä suuret että pienet yritykset voivat edistää digitalisaatiota, mutta ne kohtaavat erilaisia haasteita ja mahdollisuuksia. Tärkeintä on tunnistaa omat vahvuudet ja heikkoudet ja rakentaa strategia, joka sopii yrityksen kokoon ja toimialaan.

Haastatteluiden perusteella selkeää ja erillistä strategiaa digitalisaation toteuttamiseksi ei yleensä ole olemassa. Sen sijaan digitalisaatio liittyi moniin eri näkökohtiin ja toimintoihin ja tuli esille useissa eri yhteyksissä. Tapauksissa, joissa selkeä digitalisaation sisältänyt strategia oli olemassa, oli usein epäselvyyksiä siitä, kenen vastuulla strategian toteuttaminen oli ja mitä se käytännössä tarkoitti kullekin toimijalle. Strategiaa paremmin oli selvillä tavoitteet eli kehityskohteet, joita yrityksessä pyritään kehittämään, mutta se miten tavoitteeseen päästään, oli epäselvää. Näin ollen on tärkeää, että yritykset määrittelevät sekä oman digitalisaation valmiustasonsa että kypsyyssasteensa.

5 WP4 KULJETUSKÄYTVÄVERTAILU

Tässä tutkimuksessa kuljetuskustannusten laskenta perustuu toimintolaskentaan (Oksanen, 2003; Iikkanen, 2013). Vastaavaa laskentatapaa on hyödynnetty myös muissa alan tutkimuksissa (Izadi ja muut, 2020; Janic, 2007; Kordnejad, 2014). Tämän laskentatavan periaatteilla luotiin kustannusmalli rautatien ja maantien tavaraliikenteelle. Mallilla voidaan arvioida kuljetuspalvelun kustannuksia ostajan ja operaattorin näkökulmista. Tässä tutkimuksessa operaattorin katteena on käytetty 15%:a. Malli mahdollistaa tavaraliikenteen yhteysvälikohtaisten kustannusten ja liikennemäärien ennustamisen, mikäli vuotuiset kuljetustarpeet ovat tiedossa. Kustannusmallin yleisen luonteen vuoksi joitakin yksinkertaistuksia ja olettamia on tehty. Malli sisältää operatiiviset kustannukset, joita ovat pääoma-, ylläpito-, energia- ja henkilöstökustannukset, sekä verot ja maksut. Kustannuseriin lisättiin suhteellinen yleiskustannuslisä (Yk-lisä).

Pääomakustannusten arvioinnissa kalustolle määritettiin hankintahinta ja pitoaika. Käytetyt kaluston hankintatiedot perustuvat julkisiin tietoihin ja haastatteluista saatuihin tietoihin kaluston hankintatiedoista Suomessa ja niiden pohjalta tehtyihin hinta-arvioihin. Kalustolle määritettiin vuotuinen tasaerä (Kaava 5) 4,25%:n laskentakorolla (Suomen pankki, 2023). Tasaerästä määritettiin edelleen laskennallinen aika-arvo (€/min) kuvaamaan palveluun sidottua pääomakustannusta (Kaava 6). Pääomakustannusten laskennassa on oletettu, että kalusto hankitaan uutena, joten käytetty kalusto ja leasing-vaihtoehdot ovat rajattu ulkopuolelle. Lisäksi on oletettu, että operaattori käyttää kalustoa myös muina aikoina, jolloin ostajalle ei kohdistu jaksotettuja pääomakustannuksia silloin, kun ostaja ei käytä kuljetuspalvelua. Junakalustolla ei katsottu olevan jäännösarvoa puutteellisten jälkimarkkinoiden vuoksi.

$$(5) \quad \text{Vuotuinen tasaerä} = (P_f - \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1}) * \frac{V_r}{(1+i)^n}$$

, missä P_f on kaluston hankintahinta, i korko prosentteina, n maksuerien määrä ja V_r jäännösarvo.

$$(6) \quad \text{Pääomakustannus} = (t_t + t_s + t_c) * V_f * (1 + \text{yleiskustannuslisä})$$

, missä t_t on matka-aika (min), t_s on pysähdykseen kulunut aika (min), t_c junan vaihtoaika (min) tai rekan kuormaus/purkuaika ja V_f on kaluston laskennallinen aika-arvo (€/min).

Mallissa molemmille kuljetusmuodoille syntyy muuttuvia ylläpitokustannuksia, jotka riippuvat joko matkasta tai käyttöajasta (Kaava 7) (Oksanen, 2003; Iikkanen, 2013). Näitä ovat esimerkiksi huolto-, korjaus- ja rengaskustannukset. Lisäksi osa ylläpitoon liittyvistä kustannuksista, kuten vakuutukset ja liikennöimismaksut, ovat kiinteitä. Käytetyt yksikköhinnat ovat vuoden 2022 hintatasossa.

$$(7) \quad \textit{Ylläpitokustannus} = s * V_m * (1 + \textit{yleiskustannuslisä})$$

, missä s on matka (km) tai aika (min) ja V_m on kunnossapidon laskennallinen arvo (€/km tai €/min).

Energiakustannukset perustuvat matkasta ja ajoneuvon ominaisuuksista (massa ja keskinopeus) riippuviin kulutustietoihin sekä keskimääräisiin energiankulutustietoihin (Kaava 8) (Iikkanen, 2013; Nylund, 2006). Energian hinnat ovat vuoden 2023 keskimääräisiä yksikköhintoja (Tilastokeskus, 2023d; Tilastokeskus, 2023e).

$$(8) \quad \textit{Energiakustannus} = s * C_e * P_e * (1 + \textit{yleiskustannuslisä})$$

, missä s on matka (km) tai aika (min), C_e on energian kulutus (l/min tai kWh/km tai l/km) ja P_e on energian hinta (€/l tai €/kWh).

Henkilöstökustannukset perustuvat Palkkavertailun (18.8.2023) antamaan arvioon keskipalkasta (Palkkavertailu, 2023). Näillä palkkatiedoilla on laskettu kustannukset työnantajalle Ilmarisen palkkalaskurilla (Ilmarinen, 2023). Henkilöstökustannuksille (Kaava 9) on pääomakustannusten tapaan määritetty laskennallinen aika-arvo, ja niiden oletetaan myös kohdistuvan ostajalle vain siltä ajalta, kun ostaja käyttää palvelua.

$$(9) \quad \textit{Henkilöstökulut} = (t_t + t_s + t_c) * V_s * (1 + \textit{yleiskustannuslisä})$$

, missä t_t on matka-aika (min), t_s on pysähdykseen kulunut aika (min), t_c junan vaihtoaika (min) tai rekan kuormaus/purku-aika ja V_s henkilöstön laskennallinen aika-arvo (€/min).

Verot ja maksut koostuvat polttoaineverosta ja kuljetusmuotokohtaisista liikennöintimaksuista (Verohallinto, 2023; Väylävirasto, 2023f). Nämä kustannukset ovat myös yksikkökustannuksia ja riippuvat kuljetusmuodosta, energiankulutuksesta, kuljetusmatkasta ja liikennesuoritteesta. Ratamaksu (Kaava 10) kohdistuu vain rautatieliikenteeseen. Polttoainevero (Kaava 11) kohdistuu rautatieliikenteeseen vain vaihtotyön osalta, koska muulloin käytetään sähköveturia.

$$(10) \quad \text{Ratamaksu} = s * m * V_t$$

, missä s on matka (km), m on bruttotonnikuorma ja V_t on ratamaksun yksikkökustannus (€/brtkm).

$$(11) \quad \text{Polttoainevero} = s * c * V_d$$

, missä s on aika (min) tai matka (km), c on polttoaineen kulutus (l/min tai l/km) ja V_d on polttoaineeron yksikkökustannus (€/l).

5.1 Rautatiekuljetusten kustannukset ja liikennemäärät

Rautatiekuljetusten kustannukset laskettiin eri skenaarioiden mukaisille kuljetusmäärille edellä kuvatun toimintolaskentaperusteisen mallin avulla. Mallissa on oletettu junaliikenteen kulkevan siten, että saapuva kuormattu juna palaa tyhjänä takaisin lähtöpaikkaan. Osa puukuljetuksista kulkee Teuvalta Seinäjoelle (79 km) ja loput kuljetukset kulkevat Seinäjoelta Kaskisiin (113 km). Teuvan puukuljetuksille on laskettu mukaan 50 km alkupään konsolidointikuljetus 84 tonnin ajoneuvoyhdistelmällä. Maantiekuljetuksen kustannukset on avattu luvussa 4.2. Tällä hetkellä Kaskisista ei juurikaan lähde rautatiekuljetuksia (Iikkänen ja Lapp, 2021). Mallissa on laskettu näille väleille yksi kymmenen minuutin pysähdys, esimerkiksi väistämistä varten, sekä molemmissa päissä 15 minuutin junan vaihtoaika ja 60 minuutin vaihtotyöaika.

Linjavedossa veturina käytettiin Sr2 -sähköveturia ja keskinopeutena 80 km/h, jolloin yksi veturi pystyy vetämään 2000 tonnin painoisen junan (Iikkänen, 2013). Junan vaunut on lastattu 80%:iin kapasiteetista, mikä tavaralajista ja vaunutyypistä riippuen johtaa korkeimmillaan noin 25–26 vaunun mittaiseen junaan. Kapasiteettina on käytetty massaa (nettotonni), joka sopii käytettäväksi Suupohjan radan tuoteprofilille. Vaunukaluston kapasiteetit vaihtelevat raaka-ainekohtaisesta vaunutyypistä riippuen (Taulukko 20). Toisen veturin rinnakkainen käyttö mahdollistaisi pidemmän junan, mutta sellaiset eivät mahdu liikennöimään Suupohjan radalla (Iikkänen & Lapp, 2017; Iikkänen & Lapp, 2021). Mallissa kullekin tavaralajille on yksinkertaistamisen vuoksi oletettu omat kuljetuksensa, eli sekakuljetuksia ei ole mallinnettu. Tavaralajista riippuen arvioidut vuotuiset kuljetusmäärät ovat osittain niin pieniä, että niistä ei muodostu järkevän kokoisia päivittäisiä kuljetuksia. Siksi kuljetukset on järjestelty siten, että juna on aina 20–26:n vaunun mittainen, jolloin osaa tavaralajeista kuljetetaan muutaman päivän välein. Toisaalta esimerkiksi raakapuuta kuljetetaan joissain skenaarioissa usealla junalla päivässä.

Taulukko 20 Vaunukaluston massat (VR, 2023).

Kalusto	Raakapuuvaunu: Snps, Snps	Selluloosavaunu: Hain, Hains	Sahatavaravaunu: Habbin	Rikastevaunu: Sgmmns-w	Rehuvaunu (yleisvaunu): Gbln	Romuvaunu: Obrk
massa (t): tyhjänä	24,5	25,6	30,5	20,5	14,6	24,9
kuorma	65,5	64,4	59,5	69,5	28	55
yht. n.	90	90	90	90	42,6	80

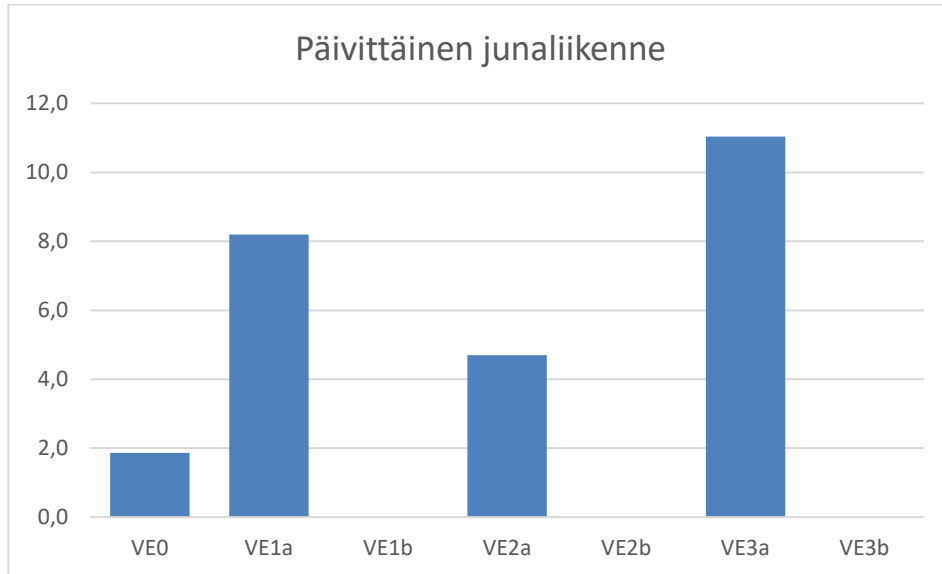
Sr2-veturin hankintahinnaksi arvioitiin 3,75 miljoonaa euroa ja pitoajaksi 30 vuotta. Jäännösarvoa ei oletettu ja laskentakorkona jaksotetuille pääomakustannuksille käytettiin 4,25%:a. Tällöin yhden veturin laskennalliseksi arvoksi saatiin 0,43 €/min. Vaihtotyössä käytettiin dieselveturia Dr14, jonka hinnaksi arvioitiin 2,5 miljoonaa euroa, pitoajaksi niin ikään 30 vuotta ja laskennalliseksi arvoksi 0,28 €/min. Vaunukalustolle määritettiin hinnaksi 100 000 € per vaunu, pitoajaksi 20 vuotta ja arvoksi 0,014 €/min. Kunnossapidon kustannukset ovat 1,04 €/km (Sr2), 0,08 €/km (vaunu) ja 0,116 €/km (vaihtotyöveturi) (Iikkanen, 2013).

Sr2 -veturin energiankulutus on edellä kuvatun mukaisessa liikennöinnissä 13–45 kWh riippuen junan massasta (Iikkanen, 2013). Kulutuksessa on myös huomioitu pysähdysten aiheuttama kulutuslisä. Vaihtotyöveturin kulutus on 26 l/h. Sähkön hintana on käytetty vuoden 2023 keskihintaa (yritys- ja yhteisöasiakas, vuosikulutus 70 000–150 000 MWh) 8,08 snt/kWh (Tilastokeskus, 2023d). Rikittömän polttoöljyn keskihinta ilman arvonlisäveroa vuonna 2023 on ollut 1,38 €/l (Tilastokeskus, 2023e).

Henkilöstökustannukset koostuvat Ilmarisen palkkalaskurilla lasketuista työnantajan kokonaiskustannuksista ja niistä jaksotetuista aikaperusteisista yksikkökustannuksista (€/min). Kustannus laskettiin veturinkuljettajalle (0,59 €/min), vaihtotyön johtajalle (0,48 €/min) ja yhdelle ratapihatyöntekijälle (0,42 €/min). Laskennassa käytettiin Palkkavertailu.com:n tietoja. Mallissa oletetaan, että henkilöstön kustannukset koituvat ostajalle vain siltä ajalta, kun ostaja käyttää palvelua.

Mallissa rautatieliikenteen verojen ja maksujen osuus koostuu ratamaksusta (0,147 snt/brtkm) ja vaihtotyöveturin aiheuttamasta polttoaineverosta (0,28 €/l) (Väylävirasto, 2023f; Verohallinto, 2023). Junaliikenteen käyttämästä sähkönenergiasta ei peritä veroa (Iikkanen ja Lapp, 2017).

Taulukko 21:ssä ja Kuvio 9:ssä on kuvattu liikennemäärät Suupohjan radalla eri skenaarioissa. Taulukko 22:ssä ja Kuvio 10:ssä ovat vastaavasti vuotuiset kuljetuskustannukset.

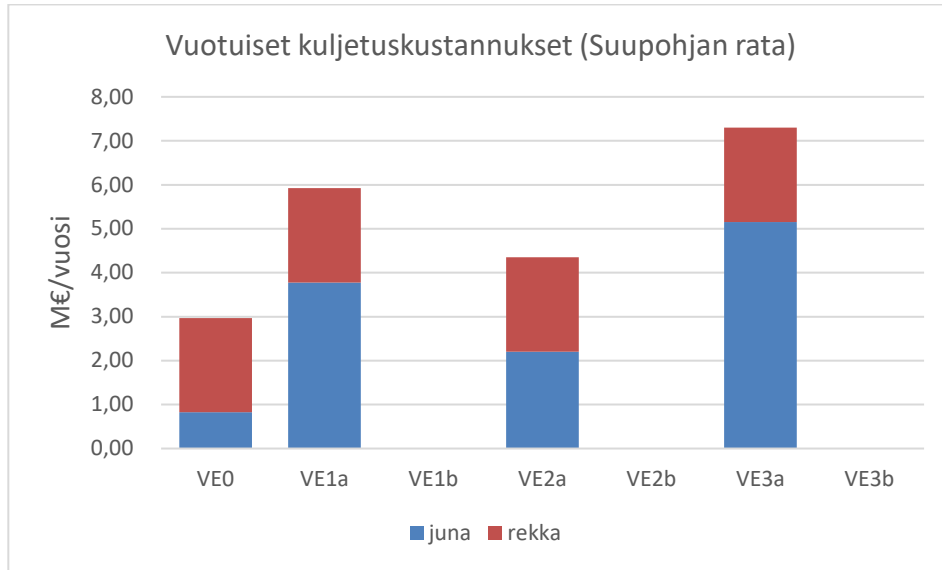


Kuvio 9 Päivittäinen junaliikenne Suupohjan radalla eri skenaarioissa.

Taulukko 21 Liikennemäärät Suupohjan radalla eri skenaarioissa.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Junia päivässä	1,9	8,2	0,0	4,7	0,0	11,0	0,0
Junia vuodessa	653,3	2870,0	0,0	1645,0	0,0	3861,7	0,0

Taulukko 21:ssä liikennemäärät ovat edestakaisen liikenteen määriä. Esimerkiksi kaksi junaa päivässä tarkoittaa yksittäistä junaa, joka tuo kuorman määrättyyn paikkaan ja palaa sitten tyhjänä takaisin. Nykytilassa (VE0) radalla kulkee päivittäin noin 2 junaa. Liikenne koostuu lähinnä puukuljetuksista Teuvalta Seinäjoelle tai Seinäjoelta Kaskisiin. Skenaarioissa, joissa rataa ei peruskorjata, radalla ei luonnollisesti ole liikennettä. Skenaarioissa, joissa rata peruskorjataan (VE1a, VE2a ja VE3a) radan liikennemäärät kasvavat merkittävästi nykytilaan nähden. Vaihtoehdossa VE1a radalla kulkee arviolta 8-9 junaa päivässä. Peruskorjatulla radalla voidaan arvioida kulkevan päivittäin vähintään 4-5 junaa päivässä (VE2a) ja enintään 11 junaa päivässä (VE3a). Vuotuiset liikennemäärät on saatu olettamalla 350 kuljetuspäivää vuodessa.



Kuvio 10 Vuotuiset kuljetuskustannukset Suupohjan radalla eri skenaarioissa.

Taulukko 22 Kuljetuskustannukset Suupohjan radalla eri skenaarioissa.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
€/päivä	8 488,13	16 915,48	0,00	12 431,54	0,00	20 858,89	0,00
M€/vuosi	2,97	5,92	0,00	4,35	0,00	7,30	0,00

Nykytilassa Suupohjan radan vuotuisten kuljetusten kustannuksiksi on arvioitu tässä mallissa noin 3 miljoonaa euroa. Skenaarioissa, joissa rata peruskorjataan ja liikennöinti jatkuu, vuotuiset kuljetuskustannukset ovat arviolta 5,9 milj. € (VE1a), 4,4 milj. € (VE2a), tai 7,3 milj. € (VE3a). Kuljetuskustannuksissa korostuu alun konsolidointikuljetus Teuvan puukuljetuksissa. Junakuljetuksen osuus kasvaa lähes samassa suhteessa liikennemäärien kanssa (keskihinnan vaihteluväli noin 1260–1340 €/juna), mutta rekkakuljetus huomioitaessa vaihteluväli on noin 1900–4550 €/juna. Teuvan puukuljetusten junat ovat kalleimpia. Junien keskihintaan vaikuttavat lisäksi tavaralaji ja kuljetusetäisyys, joskin vaikutus on vähäinen. Rautatieliikenteestä ei synny kuljetuskustannuksia, mikäli rataa ei peruskorjata.

5.2 Maantiekuljetusten kustannukset ja liikennemäärät

Maantiekuljetusten kustannukset laskettiin rautatieliikenteen tavoin eri skenaarioille toimintolaskennan avulla. Yksittäinen lastattu rekka palaa niin ikään tyhjänä takaisin lähtöpaikkaan. Kaikki kuljetukset kulkevat Seinäjoen ja Kaskisten välillä Teuvan puukuljetuksia lukuun ottamatta. Mallissa on oletettu, että rekka ei pysähdy tällä matkalla kertaakaan. Reitin molempiin päihin on oletettu 30 minuutin kuormaus- tai purku-aika.

Kuljetuksien mallintamisessa käytettiin 44, 60, 64, 68, 76 ja 84 tonnin ajoneuvoyhdistelmien tietoja (Taulukko 23) (Pöyskö ja muut, 2014; Venäläinen & Korpilahti, 2015; Venäläinen & Poikela, 2022). Liikenne- ja kuljetusmäärien sekä osittain kustannusten arvioinnissa käytettiin mallin yksinkertaistamiseksi näiden yhdistelmien keskimääräisiä ominaisuuksia (esimerkiksi massa, kapasiteetti ja polttoaineen kulutus). Ainoastaan osa puukuljetuksista määritettiin kulkemaan 84 tonnin yhdistelmällä. Yksi rekka on aina lastattu 90%:iin kapasiteetista (massa) (Pöyskö ja muut, 2014). Rekkoja kulkee jokaisessa skenaariossa useita päivässä, joten vajaampia kuljetuksia ei oletettu.

Taulukko 23 Ajoneuvoyhdistelmien massatiedot (Venäläinen & Poikelus, 2022).

Yhdistelmä	44	60	64	68	76	84	KA
Omamassa	19,0	20,0	20,0	20,5	23,3	24,0	21,1
Kuorman massa	25,0	40,0	44,0	46,3	52,2	60,5	44,7
Kuorman massa (90%)	22,5	36,0	39,6	41,6	47,0	54,5	40,2

Hankintahinnaksi arvioitiin vetoautolle 200 000 € ja yhdistelmästä riippuen perävaunulle 90 000–200 000 € (Venäläinen ja Korpilahti, 2015). Elinkaareksi vetoautolle määritettiin 7 vuotta ja perävaunuille 12 vuotta. Kaluston jäännösarvo otettiin huomioon 20% vuosittaisella poistolla. Junan tavoin ajoneuvoyhdistelmille määritettiin vuotuinen tasaerä 4,25%:n korolla ja tästä edelleen aika-arvo (€/min). Vetoauto oletettiin joka yhdistelmässä samanlaiseksi 3-akseliseksi autoksi, jolle aika-arvoksi määritettiin 0,054 €/min. Perävaunujen aika-arvo vaihtelee välillä 0,018–0,039 €/min. Ajoneuvoyhdistelmille määritettiin myös juoksevat kulut, jotka sisältävät ylläpitokustannukset, vakuutukset sekä korjaus- ja huoltokustannukset. Nämä ovat yhdistelmästä riippuen 0,22–0,36 €/km.

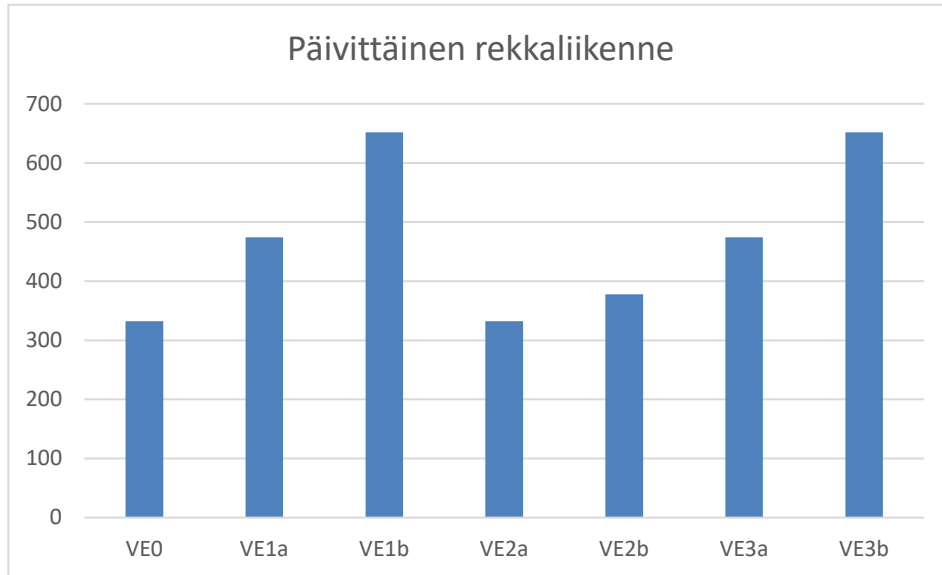
Polttoaineen kulutus on ajoneuvoyhdistelmästä riippuen kuormattuna 33–65 l/100km ja tyhjänä 22–43,3 l/100km (Nylund, 2006; Anttila, 2015). Dieselöljyn hintana on käytetty vuoden 2023 toteutunutta verotonta keskihintaa 1,93 €/l (Tilastokeskus, 2023e).

Henkilöstökustannukset koostuvat Ilmarisen palkkalaskurilla lasketuista työnantajan kokonaiskustannuksista ja niistä jaksotetuista aikaperusteisista yksikkökustannuksista (€/min). Kustannus laskettiin kuorma-auton kuljettajalle (0,46 €/min). Laskennassa käytettiin Palkkavertailu.com:n tietoja. Mallissa oletetaan, että henkilöstön kustannukset koituvat ostajalle vain siltä ajalta, kun ostaja käyttää palvelua.

Mallissa tieliikenteen verojen ja maksujen osuus koostuu käytetystä yhdistelmästä riippuvista liikennöimismaksuista (ajoneuvovero ja katsastusmaksut) sekä

polttoaineverosta. Dieselöljyn polttoainevero on vuonna 2023 0,59 €/l (Verohallinto, 2023).

Taulukko 24:ssä ja Kuvio 11:ssä on kuvattu liikennemäärät Kantatiellä 67 eri skenaarioissa. Taulukko 25:ssä ja Kuvio 11:ssä ovat vastaavasti vuotuiset kuljetuskustannukset.

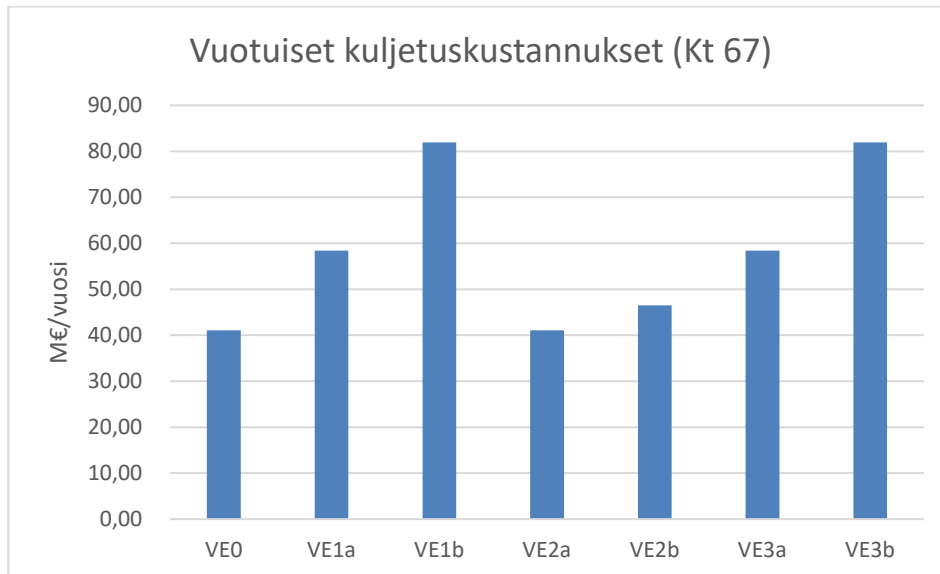


Kuvio 11 Päivittäinen rekkaliikenne Kt 67:llä eri skenaarioissa.

Taulukko 24 Päivittaiset liikennemäärät Kt 67:llä eri skenaarioissa.

Skenaario	VEO	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Rekkoja päivässä	332	474	652	332	378	474	652
Rekkoja vuodessa	116 200	165 900	228 200	116 200	132 300	165 900	228 200

Taulukko 24:ssä liikennemäärät ovat junaliikenteen tavoin edestakaisen liikenteen määriä. Nykytilassa (VEO) koko Kt 67:n matkalla kulkee keskimäärin 332 rekkaa päivässä. Skenaarioissa, joissa rata peruskorjataan ja taivekartonkitechdas toteutuu (VE1a ja VE3a) tien liikennemäärät kasvavat 474 ajoneuvoon, eli nykytilaan nähden 42%. Vaihtoehdossa VE2a liikennemäärä pysyy ennallaan. Skenaarioissa, joissa rataa ei peruskorjata ja taivekartonkitechdas toteutuu (VE1b ja VE3b) raskaan liikenteen määrät Kt 67:llä lähes kaksinkertaistuvat. Vuotuiset liikennemäärät on saatu olettamalla 350 kuljetuspäivää vuodessa.



Kuvio 12 Vuotuiset kuljetuskustannukset Kt 67:llä eri skenaarioissa.

Taulukko 25 Kuljetuskustannukset Kt 67:llä eri skenaarioissa.

Skenaario	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
€/päivä	117 409,10	166 804,32	234 296,31	117 409,10	132 979,14	166 804,32	234 296,29
M€/vuosi	41,09	58,38	82,00	41,09	46,54	58,38	82,00

Nykytilassa Kt 67:n vuotuisen kuljetusten kustannuksiksi on arvioitu tässä mallissa noin 41 miljoonaa euroa. Skenaarioissa, joissa rata peruskorjataan ja taivekartonkitechdas toteutuu (VE1a ja VE3a) tien kustannukset ovat 58,4 milj. €, eli kasvua on nykytilaan nähden 42%. Kuljetuskustannukset kasvavat lähes samassa suhteessa liikennemäärien kanssa. Skenaarioissa, joissa rataa ei peruskorjata ja taivekartonkitechdas toteutuu (VE1b ja VE3b) kustannukset lähes kaksinkertaistuvat. Vuotuiset liikennemäärät on saatu olettamalla 350 kuljetuspäivää vuodessa.

6 TULOKSET JA YHTEENVETO

Radan perusparannuksen kannattavuutta arvioitiin julkisen investoinnin kannattavuuden näkökulmasta luvuissa 3 ja 5 esitellyn kustannuslaskennan mukaisesti. Liikennöinnistä koituvat taloudelliset hyödyt ja haitat on arvioitu 30 vuoden laskentajaksolla. Investoinnille on laskettu eri skenaarioissa nettohyötyarvo vähentämällä hyötyjen ja haittojen summasta investointikustannukset. Laskennan tulokset on esitetty Taulukko 26:ssa.

Taulukko 26 Julkisen investoinnin kannattavuus.

Julkisen investoinnin kannattavuus							
	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Investointikustannukset	77,7	379,3	93,2	363,8	77,7	379,3	93,2
Radan perusparannus	0,0	286,1	0,0	286,1	0,0	286,1	0,0
Tien päällystäminen	77,7	93,2	93,2	77,7	77,7	93,2	93,2
Hyödyt (+) ja Haitat (-)	-98,9	-98,6	53,1	-51,3	35,2	-128,1	53,1
Väylänpidon kustannukset	-134,0	-104,3	-52,8	-85,1	-35,8	-109,5	-52,8
Radan ylläpidon kustannukset/vuosi	3,3	2,1	0,0	1,7	0,0	2,2	0,0
Tien ylläpidon kustannukset/vuosi	1,1	1,4	1,8	1,1	1,2	1,4	1,8
Päästökustannukset	-46,9	-67,0	-86,7	-47,3	-49,8	-67,5	-86,7
Rautatieliikenteen päästöt/vuosi	0,07	0,10	0,00	0,08	0,00	0,12	0,00
Tieliikenteen päästöt/vuosi	1,5	2,1	2,9	1,5	1,7	2,1	2,9
Onnettomuuskustannukset	-217,3	-307,5	-208,2	-234,0	-185,8	-336,2	-208,2
Tasoristeysonnettomuudet/vuosi	1,1	3,5	0,0	1,7	0,0	4,5	0,0
Tieliikenteen onnettomuudet/vuosi	6,1	6,7	6,9	6,1	6,2	6,7	6,9
Julkinen talous (verot ja maksut)	299,3	369,2	400,8	304,3	306,6	374,2	400,8
Rautatieliikenne/vuosi	0,1	0,6	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0
Tieliikenne/vuosi	9,9	11,7	13,4	9,9	10,2	11,7	13,4
Jäännösarvo	0,0	10,9	0,0	10,9	0,0	10,9	0,0
Investoinnin nettohyötyarvo	-176,6	-477,9	-40,0	-415,1	-42,5	-507,4	-40,0

Investointikustannukset muodostuvat radan perusparannuksesta sekä tien päällystämisestä. Radan perusparantaminen muodostaa huomattavasti suuremman osan investointikustannuksista niissä skenaarioissa, joissa rata päätetään korjata. Mallissa ei ole otettu huomioon mahdollisia radan purkamisen kustannuksia. Tien uudelleenpäällystämisestä koituvat kustannukset ovat keskimäärin 85,4 miljoonaa euroa 30 vuoden ajalta. Tien kustannuksia ajateltaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että tie on tavaraliikenteen lisäksi myös henkilöliikenteen käytössä ja muodostaa siten alueelle välttämättömän kulkukäytävän, joten sen lakkauttaminen radan tavoin ei ole vaihtoehto.

Toisaalta, raskaan liikenteen siirtyminen raiteille vähentää tien kulumista merkittävästi. Lisäksi tien parantamisen kustannukset saattavat muodostua tämän tutkimuksen arviota huomattavasti suuremmiksi, mikäli esimerkiksi tien pohjarakennetta joudutaan parantamaan maanrakennustöillä.

Väylänpidon kustannukset muodostuvat radan ja tien kunnossapidon ja kulumisen kustannuksista. Radan juoksevat ylläpidon kustannukset ovat lähtökohtaisesti kalliimmat kuin tien kustannukset. Ne muodostavat radan toiseksi suurimman kustannuserän.

Päästökustannukset muodostavat tieliikenteen kustannusten toiseksi suurimman erän. Radan perusparannussuunnitelmaan sisältyy radan sähköistäminen, joten rautatieliikenteessä on ajateltu käytettävän sähkövetureita. Tällöin junaliikenteen päästökustannukset muodostuvat lähinnä kuorman konsolidoinnista aiheutuvista päästöistä.

Mallissa sekä rautatie- että tieliikenteen suurimmat kustannukset muodostuvat onnettomuuksien kustannuksista. Perusparannussuunnitelma sisältää tasoristeyksien poistoja ja turvalaitteiden parantamista, mikä vaikuttaa onnettomuusmääriin laskevasti nykytilaan nähden. Liikennemäärien kasvaessa onnettomuuksien lukumäärä kuitenkin lopulta kasvaa. Tasoristeysonnettomuuksien kustannukset jäävät kuitenkin tieliikenneonnettomuuksien kustannuksia pienemmiksi joka skenaariossa. Raskaan liikenteen siirtyminen tielle ei tässä mallissa vaikuta merkittävästi onnettomuuksien määrään, sillä onnettomuusmäärä on riippuvainen koko liikenteen ajoneuvokilometreistä. Todellisuudessa voidaan kuitenkin olettaa, että raskaan liikenteen lisääntyminen vaikuttaa onnettomuusriskiin enemmän kuin vastaava henkilöliikenteen lisääntyminen.

Julkisen investoinnin kannattavuuden näkökulmasta radalla on käytännössä vain kustannuksia (ylläpito, kuluminen, onnettomuudet, päästöt), jotka nousevat kuljetusmatkan pituuden ja liikennemäärän noustessa. Kannattavuuslaskelmassa ainoa liikenneväylästä koitua tulo on verojen ja maksujen osuus. Rautatieliikenteen kulkiessa sähköllä verotuloja ei synny, koska junien käyttämä sähkö on vapautettu verotuksesta. Lisäksi ratamaksuista syntyvät tulot ovat pienet. Tieliikenteen käyttämistä polttoaineista peritään polttoaineveroa, jonka johdosta tieliikenteen julkistalouden tulot muodostuvat rautatieliikennettä huomattavasti suuremmiksi.

Julkisen investoinnin kannattavuuden arviointi ainoastaan suorien julkistaloudellisten vaikutusten nettohyötyä saattaa antaa puutteellisen kuvan kannattavuudesta. Tässä tapauksessa tieliikenne on raideliikenteeseen verrattuna julkistaloudelle lähtökohtaisesti tuottoisampi vaihtoehto. Tällä arviointimenetelmällä kannattavin rata on mahdollisimman lyhyt ja vähän liikennöity. Onkin perusteltua kritisoida pelkästään

tällaisen mallin käyttöä junaradan tai muun vastaavan infrastruktuuriin liittyvän investoinnin kannattavuutta arvioitaessa.

Tässä tutkimuksessa kuljetuskustannukset erotettiin investoinnin kannattavuusarviosta, koska muista kustannuksista poiketen kuljetuskustannukset eivät kohdistu julkiselle taloudelle, vaan yrityksille. Kuljetuskustannukset huomioimalla radan kannattavuutta voidaan kuitenkin mallintaa kokonaiskustannussäästöjen kautta tilanteessa, jossa ajatellaan valtion tukevan liiketoimintaa parantamalla infrastruktuuria. Tämä voidaan perustella esimerkiksi liiketoiminnan verokertymän kasvamisella sekä aluetaloudellisilla hyödyillä, kuten investointien houkuttelemisella.

Tässä tutkimuksessa verrattiin potentiaalisten skenaarioiden alavaihtoehtojen kuljetuskustannuksia 30 vuoden laskentajakson ajalta. Näin voidaan verrata kustannuksia tietyillä liikennemäärillä tilanteessa, joissa rautatiekuljetus on mahdollista (VE1a, VE2a ja VE3a) tilanteeseen, jossa se ei ole mahdollista (VE1b, VE2b, VE3b). Tästä voidaan määrittää rautatiekuljetusten mahdollistama kuljetuskustannussäästö vertailuvaihtoehtoon nähden. Määrittämällä hyöty-kustannussuhde (H/K-suhde) kuljetuskustannussäästöjen ja investointikustannusten avulla voidaan arvioida yritysten kuljetusten tukemisen kannattavuutta julkisilla varoilla. Tämä lähestymistapa ei kuitenkaan vielä ota mukaan laajempia aluetaloudellisia hyötyjä. Suurimmat kuljetuskustannussäästöt laskentajaksolla saavutetaan vaihtoehdossa VE1a (529,4 milj. €) verrattuna vaihtoehtoon VE1b. VE1a on siten kannattavin vaihtoehto: huomioitaessa muut juoksevat kustannukset säästö vertailuvaihtoehtoon on 366,8 milj.€. Sen H/K-suhde on 1,33 (yli 1 on kannattava investointi). Kannattavuus, jossa on huomioitu kuljetuskustannukset, on esitetty Taulukko 27:ssä. Kuljetuskustannussäästöjen huomioiminen tekee Suupohjan radasta kannattavaa vertailuvaihtoehtoon nähden skenaarioissa VE1a ja VE3a.

Taulukko 27 Kannattavuus huomioiden kuljetuskustannukset.

Kannattavuus huomioiden kuljetuskustannukset (M€/30v)							
	VE0	VE1a	VE1b	VE2a	VE2b	VE3a	VE3b
Hyödyt (+) ja Haitat (-)	-98.9	-109.5	53.1	-62.1	35.2	-139.0	53.1
Kuljetuskustannukset	-1,322.1	-1,929.3	-2,458.7	-1,363.5	-1,394.6	-1,970.7	-2,458.7
Rautatieliikenteen kustannukset/vuosi	3.0	5.9	0.0	4.4	0.0	7.3	0.0
Tieliikenteen kustannukset/vuosi	41.1	58.4	82.0	41.1	46.5	58.4	82.0
NPV Juoksevat kustannukset	-1,421.0	-2,038.8	-2,405.6	-1,425.6	-1,359.4	-2,109.7	-2,405.6
Säästö vertailuvaihtoehtoon		366.8		-66.2		295.9	
Investointikustannukset	77.7	368.4	93.2	352.9	77.7	368.4	93.2
Rautatie	0.0	275.3	0.0	275.3	0.0	275.3	0.0
Kantatie 67	77.7	93.2	93.2	77.7	77.7	93.2	93.2
H/K -suhde		1.33		-0.24		1.07	

Jotta investointi olisi kannattava, säästö vertailuvaihtoehtoon pitäisi olla suurempi kuin investointikustannus. Vertaamalla skenaarioiden kokonaiskustannuksia kuljetusmääriin pystytään määrittämään hinta kuljetetulle tavaramäärälle (€/nettotonni). Tällä periaatteella luotiin kustannusfunktiot (Kaava 12 ja 13) Suupohjan alueen rautatie- ja maantiekuljetuksille skenaarioille laskettujen kustannusten ja arvioidun tavaraliikenteen volyymin pohjalta. Funktiot on määritetty tässä raportissa esitettyjen tietojen pohjalta, eivätkä ne ole suoraan sovellettavissa muihin vastaaviin tapauksiin. Suupohjan tapauksessa niillä voidaan kuitenkin estimoida, kuinka suurilla liikennemäärillä rautatiekuljetukset tulevat maantiekuljetuksia kokonaistaloudellisesti edullisemmaksi.

$$(12) \quad y = 157170 * x^{-0,659}$$

, jossa y on €/nettotonni rautatiekuljetuksille ja x on vuotuinen kuljetusvolyyymi nettotonneina.

$$(13) \quad a = 49,772 * b^{-0,07}$$

, jossa a on €/nettotonni maantiekuljetuksille ja b on vuotuinen kuljetusvolyyymi nettotonneina.

Kustannusfunktioilla voidaan arvioida vuotuiset kokonaiskustannukset, kun tiedetään kuljetusvolyyymi. Mallilla arvioitiin, että rautatieliikenteen kokonaiskustannukset/nettotonni muodostuvat Suupohjan alueella maantieliikennettä pienemmäksi vuotuisen kuljetusmäärän ylittäessä noin 880 000 tonnia. Kyseisellä volyyymilla rautatiekuljetusten kokonaiskustannus on 19,01 €/tonni ja maantiekuljetusten 19,09 €/tonni. Kokonaiskustannuksia tarkasteltiin myös Metsä Boardin taivekartonkitehtaan näkökulmasta. Taivekartonkitehtaalle arvioitiin kulkevan vuodessa 1,165 miljoonaa tonnia raaka-aineita rautateitse ja noin miljoona tonnia maanteitse. Mallin mukaan rautatiekuljetusten käyttö taivekartonkitehtaan kuljetuksissa muodostuu kokonaiskustannusten kannalta kannattavaksi.

Lähdeluettelo

Sándor, Á. & Ákos, G., A Measuring Tool for the Digital Maturity of Small and Medium-Sized Enterprises. (2023). *Management and Production Engineering Review*. <https://doi.org/10.24425/mper.2021.140001>

Anttila, N. (2015). Yrityksen kalustovertailu. Noudettu 19.9.2023 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/90276/Anttila_Niklas.pdf?sequence=1

Alcácer, V., Rodrigues, J., Carvalho, H., & Cruz-Machado, V. (2022). Industry 4.0 maturity follow-up inside an internal value chain: A case study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(7–8), Article 7–8. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08476-3>

Ansari, I., Barati, M., Sadeghi Moghadam, M. R., & Ghobakhloo, M. (2023). An Industry 4.0 readiness model for new technology exploitation. *International Journal of Quality & Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2022-0331>

Antony, J., Sony, M., & McDermott, O. (2023). Conceptualizing Industry 4.0 readiness model dimensions: An exploratory sequential mixed-method study. *The TQM Journal*, 35(2), Article 2. <https://doi.org/10.1108/TQM-06-2021-0180>

Brodny, J., & Tutak, M. (2022). Digitalization of Small and Medium-Sized Enterprises and Economic Growth: Evidence for the EU-27 Countries. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/joitmc8020067>

Castelo-Branco, I., Cruz-Jesus, F., & Oliveira, T. (2019). Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union. *Computers in Industry*, 107, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.007>

Chen, H., & Tian, Z. (2022). Environmental uncertainty, resource orchestration and digital transformation: A fuzzy-set QCA approach. *Journal of Business Research*, 139, 184–193. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.09.048>

Chonsawat, N., & Sopadang, A. (2020). Defining SMEs' 4.0 Readiness Indicators. *Applied Sciences*, 10(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/app10248998>

Colli, M., Berger, U., Bockholt, M., Madsen, O., Møller, C., & Wæhrens, B. V. (2019). A maturity assessment approach for conceiving context-specific roadmaps in the Industry 4.0 era. *Annual Reviews in Control*, 48, 165–177. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.06.001>

ELY-keskus. (2023a). Päällysteet. Noudettu 4.9.2023 osoitteesta <https://www.tienpidonsuunnitelma.fi/yhteistyolla-turvallista-ja-sujuvaa-liikennetta/tieverkon-kunnossapito/paallysteet/#:~:text=P%C3%A4%C3%A4llysteiden%20ik%C3%A4%20on%20alueella%20keskim%C3%A4%C3%A4rin%20kuusi%20vuotta%20vilkkailla,vilkaan%20tien%20p%C3%A4%C3%A4llysteen%20tulisi%20kest%C3%A4%C3%A4%20keskim%C3%A4%C3%A4rin%2023%20vuotta.>

- ELY-keskus. (2023b). Päällysteiden korjaus. Noudettu 4.9.2023 osoitteesta <https://www.ely-keskus.fi/keski-suomi-paallysteiden-korjaus>
- Euroopan komissio. (2018). ERTMS. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/rail/ertms_en
- Eremina, Y., Lace, N., & Bistrova, J. (2019). Digital Maturity and Corporate Performance: The Case of the Baltic States. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 5(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/joitmc5030054>
- Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E., & Binda, A. (2020). Estimating Industry 4.0 impact on job profiles and skills using text mining. *Computers in Industry*, 118, 103222. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103222>
- Fingrid. (2023) Sähköntuotannon ja -kulutuksen CO2-päästöarviot. Noudettu 13.7.2023 osoitteesta <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>
- Fintraffic. (2023). NEMO – mistä on kyse? Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://www.emsw.fi/nemo-mista-kyse>
- Fintraffic. (17.11.2022). Sähköisistä rahtikirjoista tehoa kuljetuksiin koko Euroopassa. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://www.fintraffic.fi/fi/uutiset/sahkoisista-rahtikirjoista-tehoa-kuljetuksiin-koko-euroopassa>
- Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Del Vecchio, P. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: A four levels approach. *Management Decision*, 58(8), Article 8. <https://doi.org/10.1108/MD-07-2019-0939>
- Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: A strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), Article 8. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>
- Gökalp, E., & Martinez, V. (2022). Digital transformation maturity assessment: Development of the digital transformation capability maturity model. *International Journal of Production Research*, 60(20), Article 20. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1991020>
- González-Varona, J., López-Paredes, A., Poza, D., & Acebes, F. (2021). Building and development of an organizational competence for digital transformation in SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.3926/jiem.3279>
- Govindan, K., & Arampatzis, G. (2023). A framework to measure readiness and barriers for the implementation of Industry 4.0: A case approach. *Electronic Commerce Research and Applications*, 59, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101249>
- Hein-Pensel, F., Winkler, H., Brückner, A., Wölke, M., Jabs, I., Mayan, I. J., Kirschenbaum, A., Friedrich, J., & Zinke-Wehlmann, C. (2023). Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models. *Journal of Manufacturing Systems*, 66, 200–210. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.009>

Hellman, P. (2015). Kaskinen–Seinäjoki rautatien kehityskelpoisuus selvitys. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/54/LOPPURAPORTTI-KaskinenSei-Ratakehkelvselv2015-Fllowres-web.pdf>

Iikkanen, P. (2013). Rautatieliikenteen kustannusmallit. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 15/2013. Noudettu 22.8.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121463/lts_2013-15_978-952-255-283-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Iikkanen, P., & Lapp, T. (2017). Seinäjoki–Kaskinen-radan perusparannuksen ja tehostetun kunnossapidon jatkamisen hankearviointi. Noudettu 7.9.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/133650/lts_2017-02_978-952-317-363-7.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Iikkanen, P., & Lapp, T. (2021). Seinäjoki-Kaskinen-radan peruskorjaus. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/182864/vj_2021-75_978-952-317-926-4.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Iikkanen, P. & Mukula, M. (2011). Seinäjoki–Kaskinen-radan perusparannuksen hankearviointi. Vertailuvaihtoehtoina radan tehostettu kunnossapito ja radan liikenteen lakkaaminen. Liikenneviraston suunnitelmia 2/2011. Noudettu 26.9. osoitteesta <https://www.doria.fi/handle/10024/121517>

Ilmarinen. (2023). Palkkalaskuri. Noudettu 18.8.2023 osoitteesta <https://www.ilmarinen.fi/tyonantaja/tyonantajan-laskurit/palkkalaskuri/>

Izadi, A., Nabipour, M., & Titidezh, O. (2020). Cost Models and Cost Factors of Road Freight Transportation: A Literature Review and Model Structure. *Fuzzy Information and Engineering*, 0(0), 1–21. <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1688956>

Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(1), 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2006.10.004>

Kaivosvastuu. (n.d.). Yrityskortti: Yara Suomi Oy. Noudettu 6.9.2023 osoitteesta <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/yara-suomi-oy/>

Kaskisten satama. (4.6.2019). Kaskisten satama digitalisoituu. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://kaskistensatama.fi/kaskisten-satama-digitalisoituu/>

Kaskisten satama. (31.3.2021). Satamat siirtyvät digiaikaan. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://kaskistensatama.fi/satamat-siirtyvat-digiaikaan/>

Kaskisten satama. (13.10.2020). Ensimmäisenä Suomessa: Kaskisten sataman operatiivinen toiminta digitalisoidaan ja virtaviivaistetaan Grieg Connectin kanssa. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://kaskistensatama.fi/kaskisten-sataman-operatiivinen-toiminta-digitalisoidaan-ja-virtaviivaistetaan-grieg-connectin-kanssa/>

Kayikci, Y. (2018). Sustainability impact of digitization in logistics. *Procedia Manufacturing*, 21, 782–789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>

Kayikci, Y., Kazancoglu, Y., Gozacan-Chase, N., Lafci, C., & Batista, L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized

enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375–392.
<https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.042>

Khin, S., & Hung Kee, D. M. (2022). Identifying the driving and moderating factors of Malaysian SMEs' readiness for Industry 4.0. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 35(7), Article 7.
<https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2025619>

Kordnejad, B. (2014). Intermodal Transport Cost Model and Intermodal Distribution in Urban Freight. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 125, 358–372.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1480>

Koski, K. (2017). Seinäjoki–Kaskinen-radnan perusparannus – Elinkeinoelämään ja aluetalouteen kohdistuvat vaikutukset: Vertailuvaihtoehtoina radnan tehostettu kunnossapitoja radnan sulkeminen liikenteeltä. *Liikenneviraston suunnitelmia* 1/2017.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-362-0>

Kujala, S., Hakala, O., & Vierula, J. (2021). Suupohjan radasta vahvistuva kehityskäytävä – Tavara- ja henkilöliikenteen mahdollisuudet ja aluetaloudelliset vaikutukset. Helsingin yliopisto Ruralia-instituutti. Raportteja 208. Noudettu 16.8.2023 osoitteesta
<https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/42e52445-0483-48fe-a487-5dc7f9331eb9/content>

Kupilas, K. J., Rodriguez Montequin, V., Diaz Piloneta, M., & Alonso Alvarez, C. (2022). Sustainability and digitalisation: Using Means-End Chain Theory to determine the key elements of the digital maturity model for research and development organisations with the aspect of sustainability. *Advances in Production Engineering & Management*, 17(2), Article 2. <https://doi.org/10.14743/apem2022.2.427>

Lassnig, M., Müller, J. M., Klieber, K., Zeisler, A., & Schirl, M. (2022). A digital readiness check for the evaluation of supply chain aspects and company size for Industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(9), Article 9.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-10-2020-0382>

Liikennevirasto. (2014). Suomen satamien takamaatutkimus. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://www.obotnia.fi/assets/Sidor/1/54/200514-julkaistu-raportti-satamien-takamaatutkimus-liikennevirasto-web.pdf>

Liikennevirasto. (2017). Suomen satamien takamaatutkimus. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/146812/lts_2017-55_978-952-317-482-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y%C2%A0

Machado, C. G., Winroth, M., Almström, P., Ericson Öberg, A., Kurdve, M., & AlMashalah, S. (2021). Digital organisational readiness: Experiences from manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), Article 9.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2019-0188>

Malinen, P., Ohlsbom, R. & Vehmainen, E. (2023). PK-yrittysbarometri: Kevät 2023. Suomen yrittäjät, Finnvera Oyj & työ ja elinkeinoministeriö. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta https://www.yrittajat.fi/wp-content/uploads/2023/02/sy_pk_barometri_kev2023_web.pdf

- Manavalan, E., & Jayakrishna, K. (2019). A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. *Computers & Industrial Engineering*, 127, 925–953. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030>
- Marcon, É., Soliman, M., Gerstlberger, W., & Frank, A. G. (2022). Sociotechnical factors and Industry 4.0: An integrative perspective for the adoption of smart manufacturing technologies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(2), Article 2. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2021-0017>
- Martell, F., López, J. M., Sánchez, I. Y., Paredes, C. A., & Pisano, E. (2023). Evaluation of the degree of automation and digitalization using a diagnostic and analysis tool for a methodological implementation of Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 109097. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109097>
- Mattila, J., Pajarinen, M., Seppälä, T., Vallin, V., Bützow, A., Hynönen, K. & Puittinen, M. (2022). *Digibarometri 2022: Digivihreä siirtymä*. Taloustieto Oy. Helsinki. ISBN 978-951-628-755-6 (pdf).
- Metsä Group. (2023, 15. syyskuuta). Metsä Board käynnistää esisuunnittelun uudesta taivekartonkitehtaasta Kaskisissa. *Lehdistötiedote 15.9.2022*. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta <https://www.metsagroup.com/fi/uutiset-ja-julkaisut/tiedotteet/2022/metsa-board-kaynnistaa-esisuunnittelun-uudesta-taivekartonkitehtaasta-kaskisissa/>
- Moeini Gharagozloo, M. M., Nair, A., & Chen, C. (2021). The effect of the digital readiness of economies on international M&A performance. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6), Article 6. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2020-0135>
- Nylund, N. (2006). Raskaan ajoneuvokaluston energiankäytön tehostaminen ”HDEnergian”: Yhteenvetoraportti 2003-2005. VTT. Noudettu 23.8.2023 osoitteesta http://www.motiva.fi/files/1026/HDEnergia_yhteenvetoraportti_lopullinen_viim.pdf
- Oksanen, R. (2003). Kuljetusten toimintolaskennan sovellukset ja toteutus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 17/2003. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78444/1_17_2003.pdf?sequence=1
- Pacchini, A. P. T., Lucato, W. C., Facchini, F., & Mummolo, G. (2019). The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. *Computers in Industry*, 113, 103125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>
- Palkkavertailu. (2023). Haku. Noudettu 18.8.2023 osoitteesta <https://palkkavertailu.com/>
- Pesu, I. (2022, 28. joulukuuta). *Saimaan kanavalla oli hiljainen vuosi: kaksi rahtialusta, kymmenkunta huvivenettä ja lisäksi risteilyjä*. Yle. Noudettu 24.9.2023 osoitteesta <https://yle.fi/a/74-20010552>
- Pinto, M. R., Salume, P. K., Barbosa, M. W., & de Sousa, P. R. (2023). The path to digital maturity: A cluster analysis of the retail industry in an emerging economy. *Technology in Society*, 72, 102191. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102191>

Pirola, F., Cimini, C., & Pinto, R. (2019). Digital readiness assessment of Italian SMEs: A case-study research. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), Article 5. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2018-0305>

Plug Power, Inc. (2023). Plug Power Makes Major Strategic Move into Finland's Green Hydrogen Economy with Its Proven PEM Electrolyzer and Liquefaction Technology. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://www.ir.plugpower.com/press-releases/news-details/2023/Plug-Power-Makes-Major-Strategic-Move-into-Finlands-Green-Hydrogen-Economy-with-its-Proven-PEM-Electrolyzer-and-Liquefaction-Technology/default.aspx>

Pohjanmaan liitto. (2023, 2. kesäkuuta). Suupohjan radalle kuljetuksia 2 miljoonaa tonnia vuodessa. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://www.obotnia.fi/fi/pohjanmaan-maakunta/ajankohtaista-liitosta/aktuellt-fran-forbundet-fi-fi/suupohjan-radalle-kuljetuksia-2-miljoonaa-tonnia-vuodessa>

Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus. (2023). Tuulivoimarakentaminen tienpitäjän näkökulmasta. Raportteja 10 | 2023. ISBN:978-952-398-121-8

Poor, P., Zoubek, M., & Simon, M. (2021). Proposal of a Tool for Determining Sub- and Main Dimension Indicators in Assessing Internal Logistics Readiness for Industry 4.0 within a Company. *Applied Sciences*, 11(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/app112411817>

Pylvänäinen, J., Lehtola, J., Nieminen, T., Brotherus, M., Sandelin, E., Wallin, J. & Artukka, J. (2020). Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä – Digirata-selvityksen loppuraportti. *Liikenne ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:6*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-589-7>

Pöyskö, T., Sirkiä, A. ja Lapp, T. (2014). ELY-keskus. Raskaan liikenteen uudet enimmäismitat ja -massat: Toimenpideselvitys Uudenmaan ELY-keskuksen alueella. Noudettu 18.9.2023 osoitteesta https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/97265/Raportteja_25_2014.pdf?sequence=2

Pöyskö, T., Sirkiä, A., Riihelä, A., Kujala R. & Utriainen, M. (2020). Logistiikan digitalisaation ilmastovaikutukset. *Liikenne ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:8*. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162319/LVM_2020_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pöyskö, T., Hurskainen, E., Lapp, T. & Vaarala, H. (2016). Automaatio ja digitalisaatio logistiikassa: Kehitysnäkymiä Suomessa ja maailmalla. *Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 41/2016*. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2016-41_automaatio_digitalisaatio_web.pdf

RAILI. (2021). Suomen rautatieliikenteen päästöt ja energiankäyttö vuonna 2021. VTT Lipasto tietokanta. Noudettu osoitteesta <http://lipasto.vtt.fi/raili/perus2021.htm>

Ramboll Finland Oy. (2023). Synteettisen metaanin valmistus Kristiinankaupungin Karhusaaressa: Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus.

Noudettu 26.9.2023 osoitteesta
https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/YVAohjelma_20230109.pdf

Raza, Z., Woxenius, J., Vural, C. A., & Lind, M. (2023). Digital transformation of maritime logistics: Exploring trends in the liner shipping segment. *Computers in Industry*, 145, 103811. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103811>

Saad, S. M., Bahadori, R., & Jafarnejad, H. (2021). The smart SME technology readiness assessment methodology in the context of industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(5), Article 5. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2020-0267>

Saarikoski, J. & Helminen, R. (2019). *Satamien digitalisaation nykytila Suomessa*. Turun yliopiston Brahea-keskus. ISBN 978– 951-29-7543-3

Schumacher, A., Erol, S., & Sihn, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52, 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>

SFS-EN ISO 14083:2023. Kasvihuonekaasujen hallinta. Kuljetukseen liittyvien kasvihuonekaasujen määrittäminen ja raportointi.

Soomro, M. A., Hizam-Hanafiah, M., Abdullah, N. L., Ali, M. H., & Jusoh, M. S. (2021). Industry 4.0 Readiness of Technology Companies: A Pilot Study from Malaysia. *Administrative Sciences*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/admsci11020056>

Sriram, R. M., & Vinodh, S. (2021). Analysis of readiness factors for Industry 4.0 implementation in SMEs using COPRAS. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 38(5), Article 5. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-04-2020-0121>

Stentoft, J., Aadsbøll Wickstrøm, K., Philipsen, K., & Haug, A. (2021). Drivers and barriers for Industry 4.0 readiness and practice: Empirical evidence from small and medium-sized manufacturers. *Production Planning & Control*, 32(10), Article 10. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1768318>

Suomen pankki. (2023). Korot. Noudettu 5.9.2023 osoitteesta
<https://www.suomenpankki.fi/fi/Tilastot/korot/>

Sweco Finland Oy. (2023). Kaskisten kartonkitehdas Metsä Board Oy: Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta
<https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Mets%C3%A4%20Board%20Oyj%20Kaskisten%20kartonkitehdas%20YVA-selostus%2022.5.2023.pdf>

The World Bank. (2023). Logistics Performance Index (LPI). Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://lpi.worldbank.org/international/scorecard/radar/C/FIN/2023>

Tilastokeskus. (2023a). Ulkomaan merikuljetukset satamittain ja tavaralajeittain kuukausittain. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta
https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__uvliik/statfin_uvliik_pxt_12is.px/

Tilastokeskus. (2023b). Tavaraliikenne neljänneksittäin muuttujina Vuosineljännes. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rtie/statfin_rtie_pxt_12rb.px/chart/chartViewColumn/

Tilastokeskus. (2023c). Maarakennusalan kustannukset nousivat vuoden 2023 kesäkuussa 0,8 % vuodentakaisesta. Noudettu 4.9.2023 osoitteesta <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8lfpqc4nnl30dukqkqnet9q>

Tilastokeskus. (2023d). Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin, 2008M01-2023M04. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_13rb.px/

Tilastokeskus. (2023e). Poltonesteiden kuluttajahinnat (sisältää alv:n), 1988M01-2023M05. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_12ge.px/

Tiri, J., Jäppinen, P. & Matikainen, J. (2022). ERTMS-käyttöönottoprosessit ja -ohjeistukset huomioiden kyberturvallisuus – Esiselvitys. Väyläviraston julkaisuja 25/2022. Helsinki. ISSN 2490-0745, ISBN 978-952-317-962-2.

Tolpo, A. (2022, 1. heinäkuuta). *Saimaan kanavaan ilmestyi ensimmäinen rahtilaiva sodan alkamisen jälkeen – laiva ylitti Suomen rajan alkuillasta*. Yle. Noudettu 24.9.2023 osoitteesta <https://yle.fi/a/3-12519428>

Trading Economics. (2023). EU Carbon Permits. Noudettu 19.9.2023 osoitteesta <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>

Traficom. (2021). Liikenne ja liikenne-ennuste maanteillä. Noudettu 7.9.2023 osoitteesta <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenne-ja-liikenne-ennuste-maanteilla>

Traficom. (2023a). Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuljetusmuotojen-roolit-tavaraliikenteessa>

Traficom. (20.4.2023b). Portnet. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/merenkulku/portnet>

Traficom. (29.6.2023c). Sähköiset kuljetustiedot tuovat tehokkuutta kuljetuksiin koko Euroopassa. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/sahkoiset-kuljetustiedot-tuovat-tehokkuutta-kuljetuksiin-koko-euroopassa>

Trstenjak, M., Opetuk, T., Cajner, H., & Hegedić, M. (2022). Industry 4.0 Readiness Calculation—Transitional Strategy Definition by Decision Support Systems. *Sensors*, 22(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/s22031185>

Tulli. (2018). Alusliikenteen ilmoituspalvelu (Portnet). Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://tulli.fi/asiointi-info/palvelut/alusliikenteen-ilmoituspalvelu-portnet>

Turun kauppakamari. (2023). Läntisen Suomen teollisuus investoi 40 miljardilla. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://www.sttinfo.fi/tiedote/lantisen-suomen-teollisuus-investoi-40-miljardilla?publisherId=26486922&releaseId=69984910&lang=fi>

Tutak, M., & Brodny, J. (2022). Business Digital Maturity in Europe and Its Implication for Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010027>

Unhola, T. (2004). Nastarenkaiden kuluttavuus: Ajoneuvotekijöiden vaikutus, Yliajokoe 2004. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 72/2004. Noudettu 17.9.2023 osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78599/1_Julkaisuja_72_2004.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valtioneuvosto. (2023). Vahva ja välittävä Suomi: Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-763-8>

Valtiovarainministeriö. (2023, 19. syyskuuta). Pääministeri Orpon hallituksen budjettiriihen keskeisiä päätöksiä. Noudettu 20.9. osoitteesta <https://vnk.fi/documents/10616/146554548/P%C3%A4%C3%A4ministeri+Orpon+hallituksen+budjettiriihen+keskeisi%C3%A4+p%C3%A4%C3%A4t%C3%B6ksi%C3%A4.pdf/b490068c-8994-ed5f-96c2-3b6a96fa67a2?t=1695201491502>

Verohallinto. (2023). Nestemäisten polttoaineiden verotaulukot. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta <https://www.vero.fi/yrietykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/nestemaiset-polttoaineet/verotaulukot/>

Viljakka, V. (2023). Yaran lannoitetehtaan logistiikka on minuuttipeliä. *Kauppakamari – Kuopion alueen kauppakamarilehti* 2/2022. Noudettu 11.5.2023 osoitteesta <https://kuopiochamber.fi/yaran-lannoitetehtaan-logistiikka-on-minuuttipelia/>

Voutilainen, J., Peni-Nyman, A., & Kiiskinen, L (2020). Vähäliikenteiset radat: tilanne ja tulevaisuus 2020. Väyläviraston julkaisuja 35/2020. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-317-789-5>

VR. (2023). Kalusto. Noudettu 12.9.2023 osoitteesta <https://www.vrtranspoint.fi/fi/vr-transpoint/asiakkaan-opas/kalusto/>

Vrchota, J., & Pech, M. (2019). Readiness of Enterprises in Czech Republic to Implement Industry 4.0: Index of Industry 4.0. *Applied Sciences*, 9(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/app9245405>

Väylävirasto. (2021, 2. heinäkuuta). Digirata – kohti rautatieliikenteen Euroopan kärkeä. Noudettu 26.6.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/-/digirata-kohti-rautatieliikenteen-euroopan-karkea>

Väylävirasto. (2022a). Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje. Noudettu 7.9.2023 osoitteesta https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-36_liikennevaylien_hankearvioinnin_web.pdf

Väylävirasto. (2022b). Vesiväylähankkeiden arviointiohje. Noudettu 5.9.2023 osoitteesta https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2020-38_vesivaylahankkeiden_arviointiohje_web.pdf

Väylävirasto. (2023a). Tavaraliikenteen kuljetusvirrat 2022. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta https://vayla.fi/documents/25230764/35410603/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2022_150223.pdf/609320ec-2ddd-5abf-eea9-908a8ecc6041/Tavaraliikenteen+kuljetusvirrat+2022_150223.pdf?t=1676465887106

Väylävirasto. (2023b). Heikkokuntoinen Suupohjan rata ei kestä liikennöintiä. Noudettu 4.9.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/-/heikkokuntoinen-suupohjan-rata-ei-kesta-liikennointia>

Väylävirasto. (2023c). Kt 67 Ilmajoki-Seinäjoki. Noudettu 4.9.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/documents/25230764/35412234/TIE+Kt+67+Ilmajoki+-+Sein%C3%A4joki.pdf/fc2c4121-6a49-464c-a472-279bf22bf43d/TIE+Kt+67+Ilmajoki+-+Sein%C3%A4joki.pdf?t=1686035823734>

Väylävirasto. (2023d). Suomen väylät. Noudettu 5.9.2023 osoitteesta <https://suomenvaylat.vayla.fi/theme/1/432350/7120403/11/>

Väylävirasto. (2023e). Tien kunnan arviointi. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/kunnossapito/tieverkon-kunnossapito/tien-kunnan-arviointi>

Väylävirasto. (2023f). Ratamaksu. Noudettu 11.9.2023 osoitteesta <https://vayla.fi/palveluntuottajat/ammattiliikenne-raiteilla/rataverkon-kaytto/ratamaksu>

Väylävirasto. (2023g). Maanteiden hoidon kilpailuttamisen tuloksia 2023. [Powerpoint] Noudettu 18.9.2023

Väyläpilvi. (2023). Suomen väylät. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta <https://paikkatieto.vaylapilvi.fi/suomen-vaylat/>

Wanasinghe, T. R., Gosine, R. G., Petersen, B. K., & Warriian, P. J. (2023). Digitalization and the Future of Employment: A Case Study on the Canadian Offshore Oil and Gas Drilling Occupations. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 1–21. <https://doi.org/10.1109/TASE.2023.3238971>

Williams, C. A., Schallmo, D., & Scornavacca, E. (2022). HOW APPLICABLE ARE DIGITAL MATURITY MODELS TO SMEs?: A CONCEPTUAL FRAMEWORK AND EMPIRICAL VALIDATION APPROACH. *International Journal of Innovation Management*, 26(03), Article 03. <https://doi.org/10.1142/S1363919622400102>

WSP Finland Oy. (2018). Valtatie 8 – vientiteollisuuden tuotantolinja. Pohjanmaan kauppakamari. Noudettu 26.9.2023 osoitteesta https://www.ostro.chamber.fi/wp-content/uploads/2019/01/Vt8_merkitys_elinkeinoelamalle_loppuraportti.pdf

Yara. (2023a). Tietoa Yarasta. Noudettu 6.9.2023 osoitteesta <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/>

Yara. (2023b). Tehtaat ja kaivos. Noudettu 6.9.2023 osoitteesta <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjarvi/tuotantolaitos/>

Zoubek, M., & Simon, M. (2021). Evaluation of the Level and Readiness of Internal Logistics for Industry 4.0 in Industrial Companies. *Applied Sciences*, 11(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/app11136130>

Zoubek, M., Simon, M., & Poor, P. (2022). Overall Readiness of Logistics 4.0: A Comparative Study of Automotive, Manufacturing, and Electronics Industries in the West Bohemian Region (Czech Republic). *Applied Sciences*, 12(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/app12157789>

Zulfiqar, M., Antony, J., Swarnakar, V., Sony, M., Jayaraman, R., & McDermott, O. (2023). A readiness assessment of Quality 4.0 in packaging companies: An empirical investigation. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2170223>

Zutin, G. C., Barbosa, G. F., de Barros, P. C., Tiburtino, E. B., Kawano, F. L. F., & Shiki, S. B. (2022). Readiness levels of Industry 4.0 technologies applied to aircraft manufacturing—A review, challenges and trends. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120(1–2), Article 1–2. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08769-1>

Liitteet

Liite 1 Haastattelutulosten yhteenveto ja teemoittelu

käyttömahdollisuudet	<i>houkuttelevuus</i>	Radan hitaus vähentää houkuttelevuutta.
		Kuorma-autoalan kuljettajapula lisää rautateiden tavara-liikenteen houkuttelevuutta.
		Yritysten toteuttamat infrastruktuuri-investoinnit tehty tieliikennettä varten.
		Raideliikenteen aikataulut tieliikenteeseen verrattuna jäykkiä ja epävarmoja.
		Pienten yritysten resurssit eivät riitä uudelleenarvioimaan logistiikkaketjuja.
		Valtaosa yrityksistä ei ole kyennyt sitoutumaan vain lyhyen jatkoajan saaneeseen rataan.
	<i>puutavara erityis- asemassa</i>	Puutavaran rautatiekuljetuksista mahdollista saada kustannus-tehokkaita.
	Puutavaraa on voitu kuljettaa myös radan tulevaisuuden epävarmuustekijöistä huolimatta, koska kuljetusreitit ovat monipuolisia, mikä lisää niiden joustavuutta.	
<i>kuljetuksien ominaisuudet</i>	Radalla kannattaa kuljettaa suurta vakiovolyymia mielellään pitkän matkan päästä.	
<i>henkilöliikenne</i>	Radan varren asutuskeskittymien ominaisuudet eivät kannusta julkisen liikenteen kehittämiseen.	
ympäristöystävällisyys	<i>kaluston vaikutus</i>	Dieselvetureiden käytön väistämättömyys on este radan ympäristöystävällisyydelle.
		Radan sähköistys on edellytys käytön ympäristöystävällisyydelle.
	<i>merkitys</i>	Ympäristöystävällisyys on prioriteetti yritysten omassa toiminnassa.
huoltovarmuus		Huoltovarmuuskeskus ei ole määritellyt Suupohjan rataa tärkeäksi huoltovarmuuden kannalta. Toisaalta monet pitävät kulkuyhteyksien varmistamista länsirannikon satamiin [ml. Suupohjan rata] maanpuolustuksellisesti tärkeänä.
radan kunto		Kuntoon saattaminen vaatii suuria investointeja.
		Siltojen kunnostus välttämätöntä.
		Tasoristeyturvallisuus poikkeuksellisen heikkoa.
		Nopeutta lisättävä viimeistään henkilöliikennettä varten.
satama	<i>radan merkitys satamalle</i>	Radan olemassaolon arvioidaan edesauttavan sataman kasvua ja lisäävän sen houkuttelevuutta. Sen poistaminen käytöstä estäisi sataman kasvun, koska teiden kapasiteetti ei riittäisi kasvuennusteiden ja suunniteltujen investointien toteutuessa.
		Tilastotiedolla perustelevat eivät pidä rataa sataman elinehtona
		Rata tekee Kaskisten satamasta saavutettavan käytännössä mistä päin Suomea tahansa ei-aikakriittisille tuotteille.
		Lisää sataman tunnettavuutta.
	<i>sataman merkitys radalle</i>	Kasvava ja kehittyvä satama kasvattaa kuljetusvolyymeja jo lähivuosina.
muuttuva maailmantilanne		Itä-länsisuuntainen raideliikenne vähentynyt pohjois-eteläsuunnan kasvaessa.