

HELRA

Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantamissuunnittelu



HELRA
Helsingin ratapihan
toiminnallisuuden
parantamissuunnittelu

Liikenneviraston suunnitelmia 1/2015

Kansikuva: Liikenneviraston kuva-arkisto

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-8217

ISSN 1798-8225

ISBN 978-952-317-086-5

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 029 534 3000

HELRA Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantamissuunnittelu. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki 2015. Liikenneviraston suunnitelmia 1/2015. 52 s. ISSN-L 1798-8217, ISSN 1798-8225, ISBN 978-952-317-086-5.

Avainsanat: rautatiet, ratapihat, Helsinki

Tiivistelmä

Helsingin ratapihan toiminnan parantamissuunnittelu (HELRA parantamissuunnittelu) -hankkeessa on suunniteltu kehitystoimenpiteitä nykyiselle Helsingin ratapihalle. Työn lähtökohtana ovat olleet aiemman HELRA-projektin tulokset.

Hankkeen päätavoitteena on HELRA esisuunnitelmaratkaisujen tarkentaminen parantamissuunnittelutasolle, liikennesimulointien päivittäminen, Pasila–Helsinki välin maksimikapasiteettien selvittäminen, JKV selvityksen laatiminen ja YTM-asetuksen mukaisen riskienhallintatyön toteuttaminen. Suunnittelu on toteutettu huomioiden kehitystoimenpiteiden vaiheistus ja yhteensovitus muiden suunnittelualueella käynnissä olevien suunnitteluprojektien kanssa.

Toimenpiteiden suunnittelussa ja arvioinnissa on huomioitu laaja-alaisesti sekä liikenteen vaatimukset että eri tekniikka-alojen mahdollisuudet ja reunaehdot. Riskienhallintatyön avulla on sekä haettu uusia suunnitteluperusteita ratapihan kehittämiseksi että varmistettu ratkaisujen turvallisuus. Suoraan nykyisiä ratateknisiä ohjeita noudattamalla ei Helsingin ratapihan toiminnallisuutta pystytä kehittämään.

Hankkeen toiminnallisina tavoitteena on lisätä Helsingin ja Pasilan välistä ratakapasiteettia, vähentää liikennehäiriöistä aiheutuvia haittoja, nopeuttaa junaliikenteen elpymistä häiriötilanteista ja parantaa junaliikenteen täsmällisyyttä. Vaikutukset arvioitiin asetettujen tavoitteiden suuntaisiksi.

Uudet vaihdeyhteydet, monipuolisemmat junien kulkureitit ja yleisesti ratapihan uudet käyttömahdollisuudet auttavat omalta osaltaan myös HELRA:n jälkeen Helsingin ratapihalle tehtävien investointien toteuttamista (esim. vanhan asetinlaitteen uudistaminen). Kehitystoimenpiteet mahdollistavat myös kunnossapitotöille nykyistä tehokkaammat työraot.

HELRA:n mahdollistaman häiriösietoisen kapasiteetin lisäys vastaa hyvin keskipitkän aikavälin liikennetarpeeseen, joka vastaa tilannetta, jossa Pasila-Riihimäki perusrannushankkeen I ja II-vaiheet on toteutettuna. Hankkeen yhteiskuntataloudellista kannattavuutta ei voitu luotettavasti määrittää, sillä laskelmaa varten ei ole pystytty määrittämään kaikkia hankkeen mahdollistaman ratapihan toiminnallisuuden paronemisen synnyttämiä rahamää räisiä hyötyjä eikä junien lisätarjonnan mahdollistamia liikennejärjestelmätason hyötyjä.

Tämä julkaisu on tiivistelmä laajemmasta HELRA parantamissuunnittelu -hankkeen loppuraportista. Julkaisussa on mukana työn lopputulosten ja johtopäätösten kannalta tärkeimmät seikat. Tarkemmat suunnitelmat ja suunnitelmaselostukset eri tekniikkaaloilta ovat osa HELRA-hankkeen teknistä aineistoa.

Esipuhe

HELRA Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantamissuunnittelu hanke on toteutettu Liikenneviraston tilaamana ja ohjaamana vuosien 2014–2015 aikana.

Hankkeen tavoitteena on ollut Helsingin ratapihalle laadittujen kehitystoimenpiteiden arviointi ja jatkosuunnittelu, ratapihan maksimikapasiteetin analysoiminen sekä kehitystoimenpiteiden toteuttamiseksi vaadittujen riskienarviointitoimenpiteiden toteuttaminen.

Työtä ohjanneeseen projektinhallintaryhmään ovat osallistuneet:

Heidi Mäenpää (pj)	Liikennevirasto
Veli-Matti Kantamaa	Liikennevirasto
Timo Kovanen	Liikennevirasto
Tapio Raaska	Liikennevirasto
Antti Lepistö	E-West
Joni Mäkelä (sihteeri)	E-West

Hankkeen on toteuttanut konsulttiryhmä Proxion Plan Oy ja Ramboll Finland Oy. Proxion Plan Oy:ssä työstä ovat vastanneet Tuomas Lonka, Jesse Snäkin, Janne Nyyssönen ja Jyri Taivainen. Ramboll Finland Oy:ssä työstä ovat vastanneet Jukka-Pekka Pitkänen, Hannele Vartia, Maija Musto, Eeva Rantanen ja Pekka Iikkanen.

Lisäksi työn aikana on ollut ulkopuolisena asiantuntijana liikkuvan kaluston jarrutus-kykylaskelmissa ja jarrutuskokeissa Tapani Juntunen (VR Engineering). Kapasiteettitarkasteluissa ja kapasiteetin laskennan teoriassa asiantuntijana on ollut tohtori Alex Landex (Rambøll Danmark A/S).

Riskienhallintaan liittyen työn aikana on pidetty kolme laajaa riskienhallintatyöpajaa sidosryhmien edustajien kanssa. Turvalaitejärjestelmään suunniteltujen merkittävien muutosten vuoksi riskienhallinnan YTM-prosessin noudattamista on arvioinut ulkopuolinen riippumaton turvallisuusarvioija ISA (VTT Expert Services).

Työ on auditoitu kattavasti kahden ulkopuolisen tahon toimesta. Työn kokonaisuuden on auditoinut Safety Advisor Oy ja liikennesimuloinnit SMA und Partner AG.

Helsingissä huhtikuussa 2015

Liikennevirasto
Suunnitteluosasto

Sisällysluettelo

1	HANKKEEN KUVAUS	6
1.1	Tausta	6
1.2	Tavoite	6
1.3	Vuorovaikutus ja työn toteuttaminen	6
1.4	Ulkopuoliset arvioinnit ja auditoinnit	8
1.5	Muut suunnitelmat ja selvitykset	8
1.6	Liikenteelliset lähtökohdat	9
2	SUUNNITTELURATKAISUT	10
2.1	Yleistä	10
2.2	Vaiheistus	11
2.3	Yhteensovitus HELRA ja Pisararata	12
2.4	Turvalaitteet	12
2.5	JKV selvitys	14
3	KAPASITEETTI- JA SIMULOINTITARKASTELUT	16
3.1	Kapasiteettitarkastelussa käytetyt ohjelmistot ja laskentamenetelmät	16
3.2	Aikatauluskenaarioiden muodostaminen	17
3.3	Kapasiteetti- ja simulointitarkastelujen työvaiheet	20
3.4	Simulointitarkasteluiden keskeiset tulokset	20
3.5	Maksimikapasiteetin määrittäminen	24
3.6	Toimenpidevaihtoehtojen vertailu	29
4	KUSTANNUSARVIO	42
5	RISKIENHALLINTA	43
6	HANKEARVIOINTI	45
6.1	Vertailuasetelma	45
6.2	Hankkeen keskeiset vaikutukset	45
6.3	Hankkeen kannattavuus	46
6.4	Päätelmät	46
7	YHTEENVETO, JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOSUOSITUKSET	48
7.1	Yleistä	48
7.2	Yksittäisten kehityskohteiden analyysi	48
7.3	Johtopäätökset	49
7.4	Etenemispolku Helsingin ratapihan kehittämiseen	50
7.5	Suosituksat liikennesuunnitteluun ja liikennöintiin	51
7.6	Huomioita ja jatkotoimenpiteitä	52

1 Hankkeen kuvaus

1.1 Tausta

Helsingin ratapihan liikenne on kasvanut mm. Lahden oikoradan ja kaupunkiratojen avaamisen myötä. Ratapihan nykyinen raiteisto ja toimintamalli eivät palvele parhaalla mahdollisella tavalla kasvaneen ja muuttuneen liikenteen tarpeita. Helsingin ratapihan toiminnalla ja alueen mahdollisilla häiriöillä on kriittinen merkitys koko Suomen rautatiejärjestelmän toimintaan. Ratapihan kapasiteettia, toiminnallisuutta ja häiriösietoisuutta tulee kehittää nykyisestä. Toimenpiteillä tulee varautua myös suunniteltuun liikenteen lisääntymiseen, liikennöintitavan muuttumiseen ja tiedossa oleviin muihin laajoihin investointeihin.

Helsingin alueelle on suunniteltu useita rautatiejärjestelmään vaikuttavia kehityshankkeita (mm. Pasilan läntinen lisäraide ja Pisararata). HELRA työssä huomioitiin kaikki muut käynnissä olleet kehityshankkeet.

HELRA parantamissuunnittelu on jatkoa HELRA lähtökohdat hankkeelle (2012–2013).

1.2 Tavoite

Hankkeen päätavoitteena on ollut aiemmassa HELRA työssä laadittujen esisuunnitelmaratkaisujen tarkentaminen parantamissuunnittelutasolle, liikennesimulointien päivittäminen, Pasila-Helsinki välin maksimikapasiteettien selvittäminen, JKV selvityksen laatiminen ja YTM-asetuksen mukaisen riskienhallintatyön toteuttaminen. Riskienhallinnan kannalta kriittisiä muutoksia ovat olleet turvalaitejärjestelmään suunnitellut muutokset.

Toiminnallisina päätavoitteina hankkeessa on ollut ratapihan häiriönsietokyvyn sekä kapasiteetin parantaminen. Suunnittelu on toteutettu huomioiden kehityskohteiden erilliset osavaiheet/toimenpiteet ja vaiheiden mahdollinen toteuttaminen omina itsenäisinä kohteinaan.

1.3 Vuorovaikutus ja työn toteuttaminen

Työ on toteutettu erittäin tiiviissä yhteistyössä Liikenneviraston, Proxionin ja Rambollin suunnittelijoiden kesken. Merkittävässä roolissa työn kannalta ovat myös olleet sidosryhmien kanssa pidetyt erilliset haastattelut ja riskienhallintatyöhön liittyneet työpajat. Riskienhallintaan liittyen työn aikana on pidetty kolme laajaa riskienhallintatyöpajaa sidosryhmien edustajien kanssa.

Työssä on haastateltu seuraavat asiantuntijat:

- Timo Kantola, VR:n operaatiokeskus
- Olli Ahti ja Juha Puolitaival, HSL
- Antti Lautela ja Tuomo Lankinen, VR lähiliikenne
- Juho Hannukainen ja Sami Hovi VR kaukoliikenne
- Seppo Kari, Finrail Oy vuoro-esimies.

Kaikki suunnitteluratkaisut on esitelty työn aikana projektiryhmälle ja niihin on haettu hyväksyntä kuukausittain pidetyissä projektikokouksissa. Projektikokouksiin on osallistunut projektin ohjausryhmän ja suunnittelijoiden edustajien lisäksi myös Liikenneviraston muita asiantuntijoita.

Kapasiteettitarkasteluissa ja kapasiteetin laskennan teoriassa erityisasiantuntijana on ollut tohtori Alex Landex (Rambøll Danmark A/S). Jarrutuskykyanalyseissä ja jarrutuskokeiden toteuttamisessa projektin ulkopuolisena asiantuntijana on toiminut Tapani Juntunen (VR Engineering).

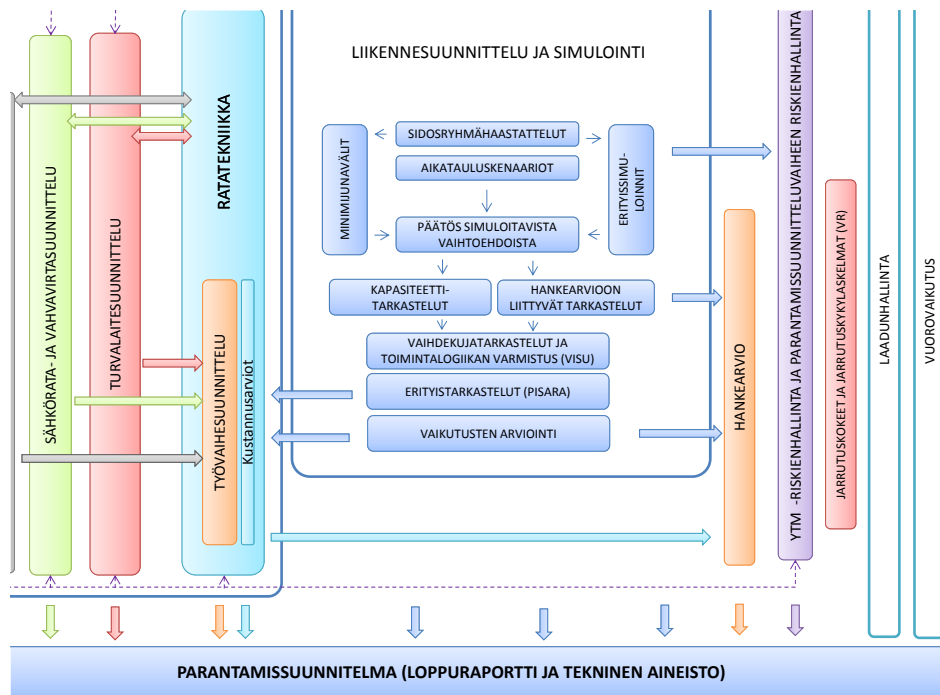
JKV-suunnitteluun liittyen on käyty keskusteluja Suomen johtavien JKV-asiantuntijoiden kanssa (Jari Rönkkö VR Track ja Hannu Lehtikainen Proxion Train Oy / Fennia Rail Oy).

Työn eteneminen on karkeasti kuvattuna alla olevassa listauksessa sekä kuvassa 1 esitetyssä prosessikuvauksessa.

1. Sidosryhmätyö: tulevaisuuden liikenneskenaarioiden luominen, aiemman aineiston kommentointi, uudet kehitysideat
2. Kehitysideoiden analysointi ja liikenneskenaarioiden laatiminen
3. Alustavat simulointitarkastelut (mm. ajoajat, minimijunavälit ja nopeusrajoituksen vaikutus)
4. Riskienhallinnan kautta suunnitteluperusteiden varmentaminen
5. Tarkentavat simulointitarkastelut (mm. maksimikapasiteetit)
6. Suunnittelun eri tekniikka-alojen tarkentaminen parantamissuunnittelutasoon
7. Työvaiheistuksen tarkentaminen
8. Kustannusarviot
9. Hankearvio
10. Analysointi ja raportointi

Työ on voitu jakaa karkeasti neljään eri osa-alueeseen. Osa-alueet ovat toimineet yhteistyössä ja vahvassa vuorovaikutuksessa koko suunnittelutyön ajan.

1. Tekninen suunnittelu (mm. rata, turvalaite, sähkörata, vahvavirta ja geotekniikka)
2. Liikennesuunnittelu, simulointitarkastelut ja visualisointi
3. Riskienhallinta ja suunnitteluperusteiden varmistaminen
4. Hankearvio



Kuva 1. HELRA parantamissuunnittelun prosessikuvaus

1.4 Ulkopuoliset arvioinnit ja auditoinnit

Turvalaitejärjestelmään suunniteltujen merkittävien muutosten vuoksi riskienhallinnan YTM-prosessin noudattamisen on arvioinut ulkopuolinen riippumaton turvallisuus-arvioija ISA (VTT Expert Services).

Työssä tehdyn kokonaisuuden (prosessin) on auditoinut Safety Advisor Oy (Matti Katjala). Työssä tehdyt simulointitarkastelut ja tulosten analysoinnin on auditoinut SMA und Partner AG.

Auditioijilla ei ollut merkittävää huomautettavaa työn prosessiin, työssä käytettyihin menetelmiin tai työn lopputuloksen luotettavuuteen liittyen.

1.5 Muut suunnitelmat ja selvitykset

Muita suunnittelualueeseen liittyviä ja tässä työssä huomioituja selvityksiä sekä suunnitelmia ovat:

- Keski-Pasilan ratapiha-alueen muutostyöt
- Helsingin ratapihan toiminnallinen tarkastelu 2011
- HELRA Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantamisen lähtökohdat 2013
- Pasilan läntisen lisäraiteen yleissuunnitelma 2011 (*Ratasuunnittelu käynnissä samaan aikaan HELRA työn kanssa*)
- Pissararata yleissuunnitelma 2012 (*Ratasuunnittelu käynnissä samaan aikaan HELRA työn kanssa*)

Simulointeihin ja visualisointeihin lähtötietoina on ollut HELRA lähtökohdat hankkeessa laadittu aineisto. Aineistoa on tarkennettu ja päivitetty merkittävästi tämän työn aikana mm. infrastruktuurin, turvalaitteiden, liikenteen ja kulkuteiden varautumisen osalta.

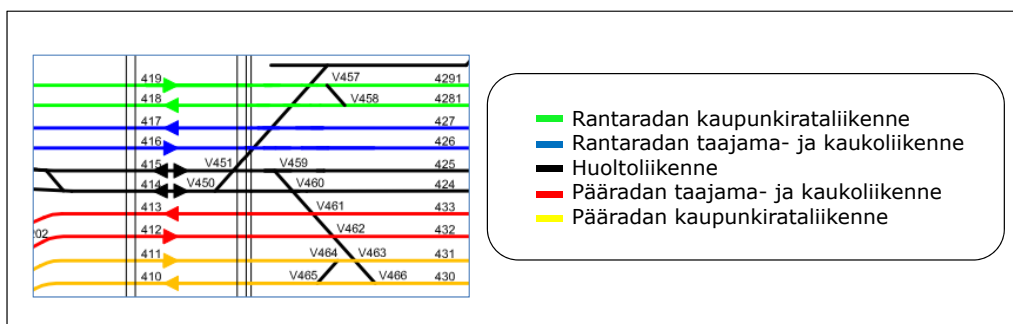
1.6 Liikenteelliset lähtökohdat

Liikennesuunnittelun lähtökohtana on ollut aiemman HELRA lähtökohdat hankkeen liikennöintisuunnitelmat ja tarkastelut, joita kuitenkin on tarkennettu kaikilta osin tässä työssä.

Hankevaihtoehdossa (VE4+) eri raidepareilla on noudatettu seuraavia linjaliikennöintisuuntia (kuva 2):

- pääradan ja rantaradan kaukoraiteita liikennöidään oikeanpuoleisesti
- pääradan ja rantaradan kaupunkiraitteita liikennöidään vasemmanpuoleisesti
- Ilmalan huoltoraiteita liikennöidään ensisijaisesti vasemmanpuoleisesti, mutta tilanteesta riippuen molempia huoltoraiteita hyödynnetään molempiin suuntiin

Tällöin reunimmaisista raiteista (itäisin raide ja eteläisin raide) lukuun ottamatta jokaisella raiteella on vieressä raide, jossa liikennöidään lähtökohtaisesti samaan suuntaan. Tämä järjestely tuo uusia mahdollisuuksia huoltoraiteiden ajoittaiseen hyödyntämiseen linjaliikenteen lisäkapasiteettina (esim. häiriötilanteissa). Vertailuvaihtoehdon VEO+ osalta simuloinneissa käytettiin samoja liikennöintisuuntia kuin vaihtoehdossa VE4+, jotta tulokset olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia.



Kuva 2. VE4+:n liikennöintisuunnat.

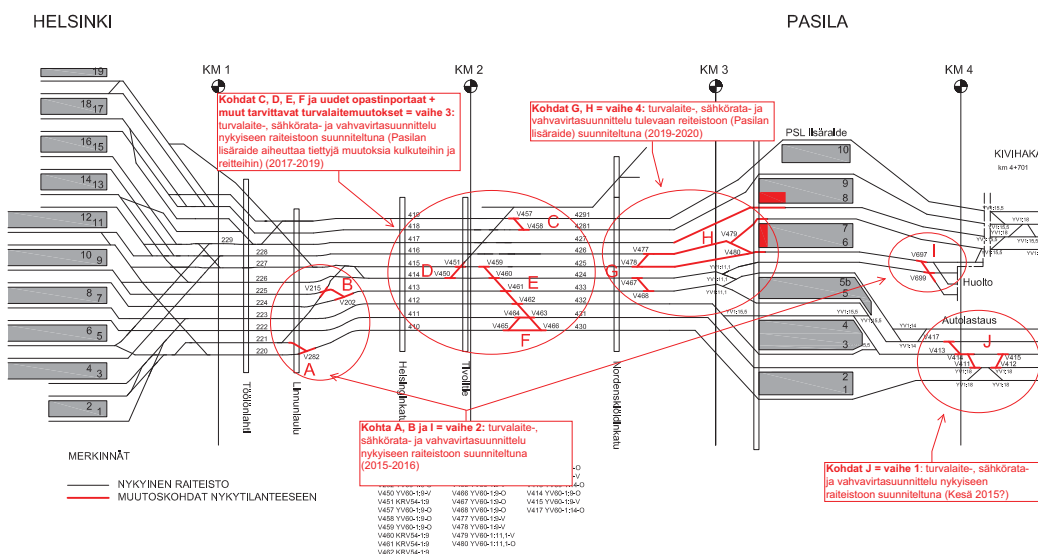
Liikenteelliset tarkastelut olivat rajattu simuloinnin osalta pääradalla Helsingistä Oulunkylään ja rantaradalla Helsingistä Huopalahteen. Simuloinnit tehtiin hankevaihtoehdon VE4+ lisäksi vertailuvaihtoehdolle VEO+, jossa on nykytilanteen mukainen ratainfrastruktuuri lisättynä Pasilan lisäraiteella. Tarkasteltavaksi ajankohdaksi valittiin iltapäivän huipputunti kello 15–18.

Merkittävänä muutoksena ratapihan turvalaitejärjestelmään ovat kaksi uutta opastinporrasta suuntaansa Helsingin ja Pasilan välillä olevilla kaupunkiraiteilla. Haasteeksi tunnistettua Pasilan laiturikapasiteettia parannetaan uusilla ennakkotietoa toistavilla opastimilla (laituriopastimet). Kuvassa 3 uusien opastinportaiden karkea sijainti on esitetty punaisella katkoviivalla ja ennakkotietoa toistavien opastimien (laituriopastimet) sijainti sinisellä katkoviivalla.

Uudet opastinportaat sekä Pasilan ennakkotietoa toistavat opastimet lyhentävät minimijunaväliä ja siten vaikuttavat ratakapasiteettiin nostavasti. Laituri- ja linjaraiteiden käyttöä pystytään tehostamaan ja ratapihalla voidaan samaan aikaan varmistaa useampia kulkuteitä.

2.2 Vaiheistus

Osa HELRA kehityskohteista on suunniteltu toteutettavaksi ennen Pasilan läntisen lisäraiteen rakentamista ja osa lisäraiteen rakentamisen jälkeen. Suunniteltujen rakentamisaikataulujen päällekkäisyydestä ja alustavasta HELRA työvaiheistuksesta johtuen suunnittelu on jaettu yksittäisten osa-alueiden lisäksi karkeasti neljään vaiheeseen. Kuvassa 4 on esitetty vaiheistus ja alustavat toteutusvuodet.



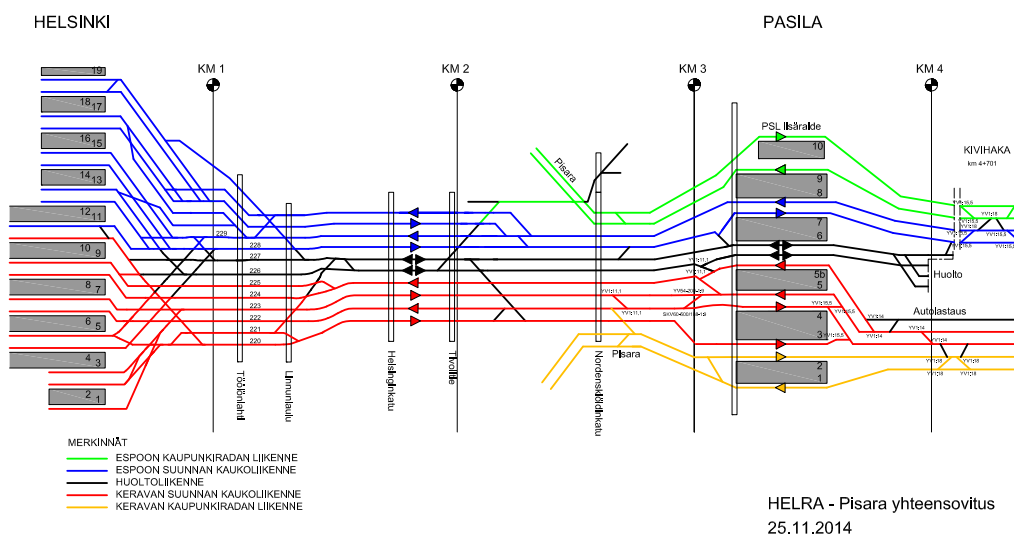
Kuva 4. Alustava suunnittelun ja toteutuksen vaiheistus

Vaiheet 1–3 on suunniteltu toteutettavan nykyiseen raiteistoon ennen Pasilan lisäraidetta. Vaihe 4 on suunniteltu toteutettavaksi samaan aikaan Pasilan lisäraiteen kanssa.

2.3 Yhteensovitus HELRA ja Pisararata

HELRA työssä on tarkasteltu myös tilannetta, jossa Pasilan lisäraide, HELRA ja Pisararata on toteutettuna. Kaikki HELRassa suunnitellut kehityskohteet eivät ole suoraan yhteensovittavissa Pisararadan suunnitelmien kanssa. Parhaan mahdollisen ja tulevan liikenteen vaatimukset täyttävän ratkaisun löytäminen vaatii laajaa yhteistyötä eri sidosryhmien sekä suunnitteluprojektien kesken.

HELRA työstä erillisen yhteensovitusprojektin luoma uusi yhteensovitettu raiteisto-malli (HelPi) on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. HELRAn ja Pisararadan yhdistävä HelPi-raiteistokaavio

Merkittävimmät muutokset HelPi-mallissa ovat Pasilan eteläpuolella olevat kaksi lisäraidetta pääradan liikenteen käyttöön ja tarvittavat vaihderyhteydet näiden hyödyntämiseen. Mallissa on Pasilan eteläpuolella yhteensä 12 linjaraidetta. HelPi-malli on ollut pohjana tässä työssä tehdyissä HELRAn ja Pisararadan yhdistävissä simulointitarkasteluissa.

Yhteensovituksesta huolimatta Pisararadan rakentaminen aiheuttaa sen, että osa HELRassa rakennetuista uusista opastinportaista joudutaan purkamaan. Muutos heikentää lyhempien opastinetaisyyksien aiheuttamaa lisäystä linjakapasiteettiin. HelPi-mallin vertailu Pisararadan raiteistoon on toteutettu erillisessä yhteensovitusprojektissa ja se raportoidaan tästä työstä erillisessä raportissa.

2.4 Turvalaitteet

2.4.1 Yleistä

Turvalaitesuunnittelun lähtökohtana on ollut nykyisen Helsingin asetinlaitteen laajentaminen ja Helsingin ratapihalla käytössä olevan vanhan opastinjärjestelmän hyödyntäminen. Muutettavat ulkolaitteet ja niiden kaapelointi on suunniteltu uusittavaksi. Kaikkien ulkolaitteiden ja kaapeloinnin laajaa uusimista tulee arvioida myöhemmin uudelleen, kun Helsingin ratapihan kehystoimenpiteiden kokonaisuus tarkentuu (mm. JKV-ratkaisu, nykyisen asetinlaitteen elinkaari ja muut mahdolliset kehitys-

investoinnit). Pasilan toiminnallisuuden kehittämiseksi on suunnittelussa hyödynnetty myös ennakkotietoa toistavia opastimia (laituriopastimet).

Merkittävänä tehtävänä työssä on ollut uusien, Helsingin ratapihan kehittämisen mahdollistavien suunnitteluperusteiden laatiminen ja hyväksyttäminen.

2.4.2 Suunnittelu ja poikkeavat suunnitteluperusteet

Helsingin alueen erityispiirteet aiheuttavat merkittäviä haasteita turvalaitesuunnittelun toteuttamiseen voimassa olevien ohjeiden mukaisesti. Nykyiset ratatekniset ohjeet on laadittu kattamaan koko Suomen rataverkko ja niissä on pääosin aina otettuna huomioon sekä henkilö- että tavaraliikenne. Helsingin ratapihalla ei kuitenkaan ole tavaraliikennettä.

Nykyisten ohjeiden mukaisilla toimenpiteillä Helsingin ratapihan toimintaa ei pystytä kehittämään, vaan toiminnallisuus tulisi laskemaan hyvin merkittävästi (esim. raidepituudet lyhenevät, samanaikaisten liikkeiden mahdollisuudet vähentyvät ja ratapihan kapasiteetti pienentyy). Ratapihan kehittämistarpeet nostavat esiin tarpeen hakea alueelle uusia kehityksen mahdollistavia, mutta turvallisia ja toteutuskelpoisia suunnitteluohjeita.

Lähtökohtana uusissa ohjeissa/suunnitteluperusteissa ovat olleet mm:

- Helsinki–Pasila välillä on vain henkilöliikennettä
- matemaattinen laskenta eri kalustotyyppien jarrutuskyvystä
- uudet maastossa tehdyt jarrutuskokeet ja niiden tulosten analysointi
- monipuoliset ja kattavat riskienhallintamenettelyt (mm. työpajat, asian-
tuntija-arviot ja vikapuuanalyysi)
- yhdistelmäopastimen mahdollisuuksien hyödyntäminen

Riskienhallintamenettelyjen kautta on haettu uusia perusteita seuraaville nykyisistä ohjeista poikkeaville asioille:

- Helsinki–Pasila välillä hyväksytään muutettavissa kohdissa minimissään 400 m esiopastinetäisyys
- minimissään 40 m opastinvara mahdollistaa nollaohiajovaran määrittämisen

Edellä mainittujen suunnitteluperusteiden hyväksymisen yhteydessä hyväksytään myös seuraavat riskienhallinnan rajaukset:

- Helsinki–Pasila välillä suurin sallittu nopeus on 60 km/h
- junakohtaisesti voidaan aikataulussa määrätä alempiakin nopeuksia Pasila–Helsinki välille. Tarkemmassa määrittelyssä on huomioitava ratatyökoneet ja niiden nopeusrajoitukset
- JKV suunnittelussa huomioidaan 400 m esiopastinetäisyys vähintään nykyisin ratapihalla käytettävällä JKV:n toteutustasolla
- alle 800 m esiopastinetäisyydet merkitään maastoon uusilla radan merkeillä
- ilman JKV:tä liikuttaessa, suurin sallittu nopeus Helsingin ja Pasilan välillä tulee muuttaa nykyisestä JKV:n valvomasta rajoituksesta (80 km/h). Huomioitaessa ratapihan opastinten näkemämatkat, eri kalustotyyppien jarrutuskyky, vaihteissa olevat nopeusrajoitukset ja nopeusrajoituksen toteutus, turvallisesti rajoitukseksi suositellaan 30 km/h.

Esiopastinetäisyyden ja opastinvaran minimien määrittämisessä on huomioitu alueen pituuskaltevuus, käytössä oleva kalusto ja kaluston jarrutuskyky. Jarrutuskykyä on arvioitu matemaattisin menetelmin, asiantuntija-arvioiden avulla ja käytännön jarrutuskokeilla.

Sm1 kalustolle on tehty uudet jarrutuskokeet ratapihalla käytettäville nopeuksille. Uudelle venäläiselle kalustolle on tehty jarrutuskokeet linjanopeuksilla ja johdettu kokeiden tuloksista arvot ratapihalla käytettäville nopeuksille. Jarrutuskokeiden tuloksia on vertailtu teoreettisiin laskelmiin ja todettu, että jarrutustehot riittävät turvalliseen liikkumiseen ratapihalla 60 km/nopeudella. Muulle (paremman jarrutuskyvyn omaavalle) kalustolle jarrutuskykylaskennat on toteutettu JKV:n laskentakaavoja ja muita matemaattisia menetelmiä hyödyntäen.

Tehtyjen jarrutuskokeiden, matemaattisten laskelmien ja riskienhallintatyön perusteella 400 m esiopastinetäisyyttä ja 40 m opastinvaraa voidaan käyttää suunnittelussa Helsinki–Pasila välillä, kun suurin sallittu nopeus on enintään 60 km/h. Ilman JKV:tä liikuttaessa suurimmaksi sallituksi nopeudeksi esitetään 30 km/h.

2.5 JKV selvitys

2.5.1 Yleistä

JKV selvityksen tavoitteena on ollut suunniteltujen raiteisto- ja opastinmuutosten vaikutuksen selvittäminen JKV:n toimintaan ja toteutustapaan. Työn yhteydessä on selvitetty sekä keskitetyn JKV-ohjauksen että hajautetun JKV-ohjauksen toteutettavuutta ja vaikutuksia.

2.5.2 Nykytilanteen kuvaus

Helsingin asetinlaitteen JKV-ohjaus on toteutettu hajautetusti koodaimiin perustuvala tekniikalla. Toteutus on tehty ”minimaalisena” eikä vastaa kaikilta osin nykyisten ratateknisten ohjeiden (RATO 10) vaatimuksia. Puutteellinen toteutus rajoittaa junien nopeutta tietyissä liikennetilanteissa tarpeettomasti.

2.5.3 Yhteenveto JKV selvityksestä

Työn aikana tehdyn selvityksen ja eri vaihtoehtojen vertailun perusteella sekä nykyisen hajautetun JKV-ohjauksen laajentamiseen että keskitetyn JKV-ohjauksen rakentamiseen liittyy paljon haasteita ja avoimia kysymyksiä.

Tunnistetuista haasteista ja epävarmuustekijöistä johtuen esitetään, että Helsingin asetinlaitteen alueella varaudutaan keskitettyyn JKV-ohjaukseen siirtymiseen viimeistään HELRA vaiheessa 3.

Keskitettyyn JKV-ohjaukseen liittyen esitetään seuraavia jatkotoimenpiteitä

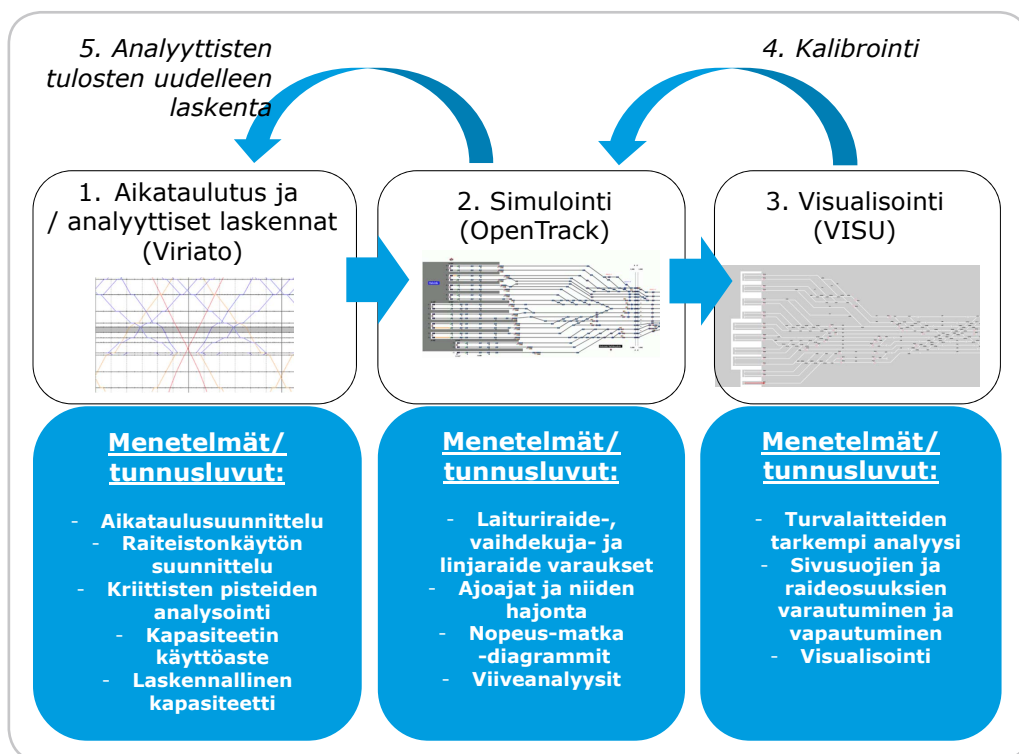
1. Selvittävä Ebiloop-järjestelmän varaosien saatavuus pidemmällä aikavälillä. Mikäli Ebiloop-päätettäisiin siirtää Helsinkiin muulta rataverkolta, tulisi olemassa olevin järjestelmien elinkaari ja kunnossapitotarpeet määritellä tarkemmin ja siirtoprosessi käynnistää välittömästi.
2. Aloitetaan selvitys uuden keskitetyn JKV- ohjausjärjestelmän hankinnasta.

Optimaalinen tilanne JKV:n näkökulmasta olisi se, että ensimmäisenä työvaiheena ennen muita merkittäviä vaihde- tai opastinmuutoksia rakennettaisiin taustalle keskitetty JKV-ohjaus. Myöhemmässä vaiheessa haastavatkin muutokset olisi helpompi tehdä raiteistomuutosten mukaisesti keskitetyn järjestelmän uudelleen konfigurointina.

3 Kapasiteetti- ja simulointitarkastelut

3.1 Kapasiteettitarkastelussa käytetyt ohjelmistot ja laskentamenetelmät

Työssä toteutetuissa liikenteellisissä tarkasteluissa on hyödynnetty OpenTrack-simulointiohjelmistoa, VISU-suunnittelujärjestelmää, Viriato-aikataulujen suunnitteluohjelmistoa sekä Euroopassa yleisesti käytettyjä analyttisiä menetelmiä kapasiteetin laskentaan. VISU-järjestelmällä on visualisoitu OpenTrack-ohjelmistolla tehtyjä simulointeja Liikenneviraston asetinlaitelmaisuista annettujen graafisten vaatimusten mukaisesti. VISU-järjestelmällä myös varmennettiin turvalaitteiden toiminta elementtikohtaisesti kapasiteetin kannalta kriittisimmiltä alueilta. Ohjelmistojen ja muiden menetelmien välinen riippuvuus on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Suunnitteluohjelmistojen ja muiden menetelmien väliset yhteydet ja rajapinnat.

Lisäksi suunniteltuja aikatauluja on analysoitu soveltaen seuraavia analyttisiä menetelmiä:

- kansainvälisen rautatieliitto UIC:n menetelmä (UIC 406)
- radan kapasiteetti Suomen olosuhteisiin muokatulla CAPACITY-mallilla
- riskiarvo tilanteelle, että junan saapuessa Helsinkiin tai Pasilaan suunniteltu laiturielementti ei ole vapaana.

3.2 Aikatauluskenaarioiden muodostaminen

3.2.1 Aikataulurakenteiden muodostaminen eri tarkasteluajankohdille

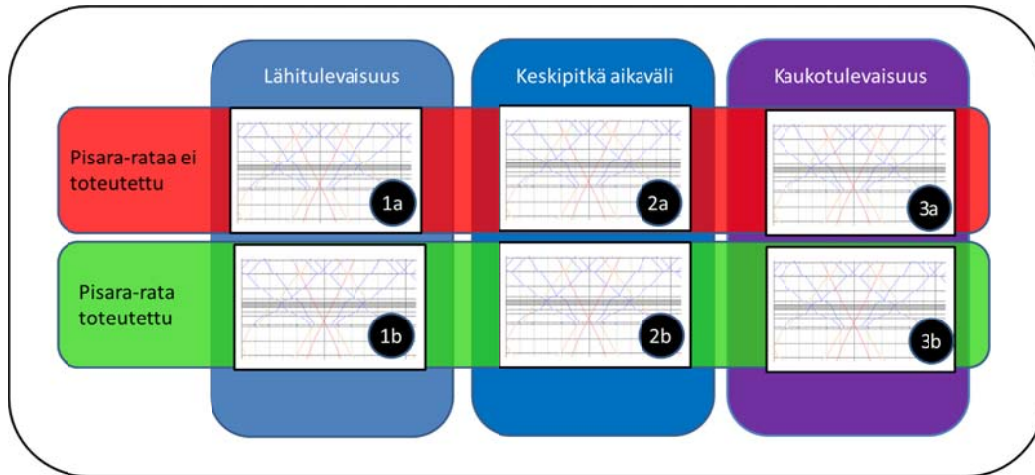
Seuraavat aikataulut laadittiin pääradalla Helsingin ja Riihimäen sekä Lahden välille ja rantaradalla Helsingin ja Turun välille:

Lähitulevaisuuden skenaario pohjautuu nykyisiin aikatauluihin, ja siinä on huomioitu maltillinen kasvu junatarjonnassa sekä Kehäradan vaikutukset liikennöintiin. Liikenneverkon osalta on oletettu, että pääradalla on toteutettu Pasila–Riihimäki-perusparannushankkeen ensimmäisen vaiheen toimenpiteet. Aikatauluskenaario sisältää osan nykyisistä vaihtoliikkeistä Ilmalan ja Helsingin välillä, mutta vaihtoliikkeiden määrä ei ole yhtä suuri kuin nykytilanteessa, sillä asiantuntijahaastatteluiden perustella on oletettavaa, että Kehäradan lähiliikennejunien kalustokokoonpano- ja vuorovälimuutoksia ei jatkossa enää tehdä huipputuntien aikana.

Keskipitkän aikavälin skenaariossa on huomioitu ratainfrastruktuurin osalta Espoon kaupunkiradan jatkuminen Leppävaarasta Kauklahteen sekä Pasila–Riihimäki-perusparannushankkeen toisen vaiheen toimenpiteet. Keskipitkän aikavälin aikatauluskenaario ei noudata nykyistä aikataulurakennetta, sillä junamäärää on kasvatettu niin paljon, että tämän hetkisiä lähtö- ja saapumisminuutteja Helsingissä ei ole voitu säilyttää kaukoliikenteen raiteita käyttävien junien osalta. Kaupunkiraiteilla junien aikataulu noudattaa samoja lähtöminuutteja Helsingissä kuin lähitulevaisuudessa. Skenaariossa on vaihtoliikkeitä Ilmalan ja Helsingin välillä, mutta lähitulevaisuuteen verrattuna junamäärän kasvaessa on huipputuntien aikana tapahtuvien vaihtoliikkeiden määrää vähennetty. Perusteena vähennyksen on oletus kaluston homogenisoitumisesta ja siitä, että jatkossa entistä enemmän vaihtotyöt tapahtuvat ruuhkatuntien ulkopuolella.

Kaukotulevaisuuden skenaariossa junia liikennöi tiheillä neljän minuutin junaväleillä kaupunkiraiteilla ja pääradan kaukoliikenteen raiteilla. Koska koko työn keskeisin tavoite on määrittää tarkastelualueen maksimikapasiteetti, kaukotulevaisuuden skenaariosta on pyritty laatimaan sellainen, että kapasiteetti olisi täysin käytössä. Tätä aikataulua on simuloitu myöhemmin myös kapasiteetin ”kyllästymispisteen” eli ns. kriittisen junamäärän määrittämiseksi. Kaukotulevaisuuden skenaarion aikataulusuunnittelussa on huomioitu muun infrastruktuurin rajoituksia Karjaalle, Riihimäelle ja Lahteen asti. Lisäksi aikataulurakenne noudattaa vakioaikataulun periaatteita. Aikataulun toteuttaminen edellyttäisi vähäisiä infrastruktuurin parannustoimenpiteitä, esim. rantaradalle puolenvaihtopaikkoja ja Kirkkonummen asemajärjestelyjen parantamista. Koska junien määrä on erittäin korkea, skenaario ei sisällä lainkaan vaihtoliikkeitä Ilmalan ja Helsingin välillä. Aikatauluskenaario ulottuu yli 30 vuoden päähän tulevaisuuteen, joten kaluston osalta on oletettu ohjausvaunujen olevan käytössä kaikissa IC/IC2-junissa.

Aikatauluskenaarioista on pyritty rakentamaan operatiiviset ja kaupalliset reunaehdot huomioonottavia aikatauluja. Aikatauluskenaarioiden muodostamisessa ei ole otettu kantaa junia liikennöiviin operaattoreihin. Yhteensä työssä on suunniteltu kuusi erilaista aikataulurakennetta, kun otetaan huomioon, että kaikille skenaarioille on laadittu aikataulut myös HelPi-mallille (kuva 7).



Kuva 7. Työssä laaditut aikatauluskenaariot.

3.2.2 Junamäärät eri aikatauluskenaarioissa

Junamäärät muodostetuissa aikatauluskenaarioissa on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Junaliikenteen määrät muodostetuissa aikatauluskenaarioissa.

Junaliikenteen kehittyminen iltaruuhka-tuntina (klo 16-17)		Nykyliikenne (junaa/h)		Lähitulevaisuus (junaa /h)		Keskipitkä aikaväli (juna/h)		Kaukotulevaisuus (junaa/h)	
		Hkiin	Hgistä	Hkiin	Hgistä	Hkiin	Hgistä	Hkiin	Hgistä
Leppävaaran/Kauklahden kaupunkiliikenne	A	6	6	6	6	6	6	7,5	7,5
Vantaankosken kaupunkiliikenne/kehärata	M	6	6	6	6	6	6	7,5	7,5
Keravan kaupunkiliikenne	K/N	6	6	6	6	6	6	7,5	7,5
Tikkurilan kaupunkiliikenne/kehärata	I (M)	6	6	6	6	6	6	7,5	7,5
Kaupunkiliikenne yhteensä		24	24	24	24	24	24	30	30
Espoon lähiliikenne	S/U (*E)	4	4	4	4	4	4	5	5
Karjaan junat	Y	0	1	1	1	1	1	0	0
Rantaradan kaukojunat		1	1	1	1	1	1	2	2
Rantarata yhteensä		5	6	6	6	6	6	7	7
Riihimäen lähiliikenne	H/R	2	2	3	3	6	6	6	6
Ruuhkajunat Riihimäelle		0	2	0	2	0	0	0	0
Riihimäen suunnan kaukoliikenne		2	2	2	2	2	2	3	3
Riihimäen suunta yhteensä		4	6	5	7	8	8	9	9
Lahden lähiliikenne	Z	1	1	2	2	2	2	3	3
Ruuhkajunat Lahteen	(Z)	0	1	0	0	0	0	0	0
Oikoradan kaukojunat		1	1	1	1	2	2	2	2
Allegro		0	0	1	1	1	1	1	1
Lahden suunta yhteensä		2	3	4	4	5	5	6	6
Kaikki yhteensä		35	39	39	41	43	43	52	52

Lähitulevaisuuden skenaariossa junien kulkua on vakioitu nykytilanteeseen verrattuna. Muutokset nykytilanteeseen ovat seuraavat:

- Y-junia ja Allegroja kulkee yksi juna joka tunti molempiin suuntiin
- Z-junia kulkee kaksi tunnissa molempiin suuntiin
- Riihimäen ja Helsingin välillä kulkee kolmas taajamajuna joka tunti molempiin suuntiin
- tunnuksettomia junia kulkee edelleen neljä vuoroa ruuhkasuuntaan iltaruuhkan aikana, mutta kellonajat ovat muuttuneet nykyisestä.

Keskipitkän aikavälin skenaario pitää sisällään kaikki lähitulevaisuuden skenaarion tuomat lisäykset ja lisäksi:

- Oikoradalla kulkee yksi kaukojuna lisää joka tunti
- Helsinki–Riihimäki välillä kulkee säännöllisesti kuusi taajamajunaa tunnissa molempiin suuntiin
- tunnuksettomat junat eivät enää liikennöi pääradalla
- E-junat eivät enää liikennöi Kauklahteen, sillä A-junat liikennöivät Kauklahden asti uusia kaupunkiraiteita pitkin
- skenaario vastaa tilannetta, jossa investointihanke Pasila–Riihimäki I- ja II-vaiheet on toteutettu.

Kaukotulevaisuuden aikataulu perustuu seuraaviin muutoksiin ja lisäyksiin:

- pääradan kaikilla raiteilla ja Espoon kaupunkiraiteilla junat kulkevat neljän minuutin vuorovälein
- pääradan kaukojunat kulkevat Riihimäelle ja Lahteen sykleittäin
 - o yhdessä syklissä on yksi kaukojuna molempiin suuntiin Lahteen ja Riihimäelle, yksi lähijuna Lahden suuntaan sekä kaksi lähijunaa Riihimäen suuntaan
 - o sama sykli toistuu 20 minuutin välein
- rantaradalla aikatauluun on sovitettu toinen tunnittainen kaukojuna Turkuun, joka korvaa samalla Y-junan
 - o kaksi tunnittaista suunnilleen puolen tunnin vuorovälillä kulkevaa kaukojunaa Turkuun edellyttää rantaradalla joitakin parannustoimenpiteitä, esimerkiksi kohtauspaikkaa tai kaksoisraidetta Siuntion ja Inkoon välillä.

3.3 Kapasiteetti- ja simulointitarkastelujen työvaiheet

Liikennöinti- ja kapasiteettitarkastelu ovat jakautuneet seuraaviin työvaiheisiin:

1. Asiantuntijahaastattelut (taustaselvitys)
2. Minimijunavälien erityissimuloinnit (taustaselvitys)
3. Nopeusrajoituksen erityissimuloinnit (taustaselvitys)
4. Aikataulurakenteiden muodostaminen eri tarkasteluajankohdille
5. Aikataulurakenteiden simulointitarkastelut (perussimuloinnit)
6. Häiriötilanteiden simuloinnit (aikataulurakenteiden herkkyystarkastelut)
7. Maksimikapasiteetin laskeminen
8. Ehdotettujen toimenpiteiden tarkennetut analyysit
9. Helsingin laituriraitteiden ja niitä lähinnä olevien vaihdekujien kapasiteetin riittävyyden validointi

Asiantuntijahaastatteluiden ja erityissimulointien perusteella on muodostettu kolme erilaista aikatauluskenaariota. Aikataulurakenteet on simuloitu ensin häiriöttömissä tilanteissa. Perussimulointien jälkeen malleihin lisättiin viiveitä ja infrastruktuurin häiriöitä. Simulointien perusteella arvioitiin Helsingin ratapihalle maksimikapasiteettia, sekä vertailtiin liikenteellisesti vaihtoehtoa VE4+ vertailuvaihtoehtoon VEO+, ja myöhemmin myös HelPi-vaihtoehtoon.

Simulointitarkasteluiden jälkeen kaikki ehdotetut infrastruktuurin parannustoimenpiteet ja niiden tärkeys on vielä arvioitu erikseen.

3.4 Simulointitarkasteluiden keskeiset tulokset

Taulukkoon 2. on koottu tiivis yhteenveto työ aikana tehdyistä simulointitarkasteluista, niiden tavoitteista ja kunkin työvaiheen keskeisimmistä tuloksista ja havainnoista. Kaikkia tuloksia on edelleen hyödynnetty maksimikapasiteetin määrittämisessä (kappale 3.5), YTM-asetuksen mukaisessa riskienarviointiprosessissa (kappale 5) sekä hankearvioinnissa (kappale 6.)

Taulukko 2. Työn aikana tehdyt simulointitarkastelut, niiden tavoitteet ja keskeiset tulokset

Työvaihe	Tavoitteet	Keskeiset tulokset
Minimijunavälin määrittämisen erityissimuloinnit	Eri raiteiden minimijunavälien selvittäminen eri kalustokokoonpanoilla ja eri nopeustasoilla kaikille tarkastelluille infrastruktuuri-vaihtoehdoille. Herkkyystarkastelujen avulla selvittää minimijunaväliin vaikuttavia tekijöitä.	- VE4+:ssa minimijunavälit ovat suuremmalla osalla raiteista pienempiä kuin vertailuvaihtoehdossa - Kaupunkiliikenteen raiteilla lyhempi opastinväli mahdollistaa jopa 48 sekuntia pienemmän junavälin kuin VEO+:ssa - Pasilan laituriraitteille 1 ja 2 sekä 9 ja 10 esitetyt uudet laituriopastimet vähentävät minimijunaväliä kalustokoosta riippuen 44–49 sekuntia - Kaukoliikenteen osalta laitureiden 5 ja 5b käytön vuorottelu pienentää minimijunaväliä noin minuutilla - Pienempien junavälien ansiosta VE4+ mahdollistaa lähiliikenneraiteilla 2 lisäjunan liikennöinnin tunnissa vaihtoehtoon VEO+ verrattuna.
Nopeusrajoituksen vaikutuksen määrittämisen erityissimuloinnit	Eri nopeusrajoituksien (80km/h (nykytila), 70km/h, 60 km/h ja 50 km/h.) vaikutuksen selvittäminen muutoksella matka-aikoihin ja aikataulurakenteeseen.	- Nopeusrajoituksen laskeminen nykyisestä 80 km:sta/h 60 km:iin/h kasvattaa matka-aikaa Helsingistä Pasilaan kalustokoosta ja reitistä riippuen seuraavasti: - rantaradan kaukoliikenne: 18–21 sekuntia - pääradan kaukoliikenne: 22–28 sekuntia - rantaradan lähiliikenne: 13–18 sekuntia - pääradan lähiliikenne: 26–29 sekuntia. - Vastaavasti Pasilasta Helsinkiin kuljettaessa nopeusrajoituksen laskeminen 80 km:sta/h 60 km:iin/h kasvattaa ajoaikoja seuraavasti: - rantaradan kaukoliikenne 14–19 sekuntia - pääradan kaukoliikenne 23–27 sekuntia - rantaradan lähiliikenne 17–19 sekuntia - pääradan lähiliikenne: 26–29 sekuntia.

Työvaihe	Tavoitteet	Keskeiset tulokset
Perussimuloinnit ilman häiriötilanteita	Varmistaa aikataulu-rakenteiden toimivuus, havaita mahdolliset viiveet ja konfliktit mallissa, mitata varausasteet tarkastelualueen eri kohdissa sekä laskea riskiarvon avulla laituriraiteiden riittävyys Helsingissä ja Pasilassa.	- Kaikki laaditut aikataulumallit ovat toimivia tilanteissa, joissa häiriöitä ei esiinny - Helsingin laituriraiteiden osalta sekä vaihtoehdoissa VE4+ että VEO+ ylittyy kaikilla raideryhmillä kriittiseksi rajaksi määritelty 2 prosentin riskiarvo(*) tilanteelle, että suunniteltu laiturirakennus ei ole vapaana junan saapuessa liikennepaikalle - Edellä mainittu tulos korostaa tarvetta tutkia Helsingin raiteistonkäyttöä tarkemmin ja tarvetta löytää keinoja, miten vähentää junien seisonta-aikaa laitureilla - HelPi-vaihtoehdossa laituriraiteiden kriittinen raja-arvo ei ylitä Helsingissä - Pasilassa kaukoliikenneraiteilla riski on kaikissa infrastruktuurivaihtoehtoisissa (VE4+, VEO+ ja HelPi) alle 2 prosentin kriittisen arvon. Lähiliikenteen raiteilla 1-2 ja 9-10 riskiarvot ovat kuitenkin selvästi yli kriittisen arvon, ja riskiarvo on enimmillään yli 10 prosenttia.
Häiriösimuloinnit alkuviiveillä	Tarkastella malliin syötettyjen alkuviiveiden vaikutusta liikenteen täsmällisyyteen ja kykyyn palautua häiriöistä. Viiveet perustuvat mitattuihin viivejakumiin tarkastelualueella.	- Maltillisilla viivejakumilla kaikki infrastruktuurivaihtoehdot toipuvat häiriöistä melko hyvin - Vaihtoehdossa VE4+ loppuviivytykset ovat olleet jokaisessa häiriösimuloinnissa VEO+ loppuviiveitä alhaisemmat.
Häiriösimuloinnit, joissa koko infrastruktuuri ei ole käytössä.	Tarkastella, miten eri infrastruktuurivaihtojen häiriösietoisuutta tilanteissa, joissa koko verkko ei ole käytössä. Tässä osavaiheessa mallinnettiin kolme eri tilannetta: 1. Pasilan laituriraide 2 on poissa käytöstä 2. Pasilan laituriraide 9 on poissa käytöstä 3. Helsingin edustalla sijaitseva raide 224 on poissa käytöstä. (Tarkastellut häiriötilanteet on laadittu sidosryhmähaastattelujen perusteella)	- Vaihtoehdossa VEO+ infrastruktuurihäiriöistä johtuneet viiveet ovat kaikissa tapauksissa suuremmat kuin vaihtoehdossa VE4+ - HelPi-malli ei palaudu tilanteista, joissa Pasilan laituriraide (1 tai 9) ei ole käytössä ja junille muodostuu mallissa todella suuria viiveitä - Raiteen 224 ollessa poissa käytöstä VE4+:ssa ei muodostu lainkaan viiveitä uusien vaihteyksien ansiosta. Tilanne on sama myös HelPi-vaihtoehdossa. VEO+:ssa viiveitä syntyy aikatauluskenaariosta riippuen 56–147 s/juna

Työvaihe	Tavoitteet	Keskeiset tulokset
Lisätarkastelu häiriötilanteiden vaihtoehtoisista kulkuteistä	Tehdä arviointi vaihtoehtoisen liikennöintimallin toimivuudesta tilanteessa, jossa laiturit 2 on poissa käytöstä. Tällöin hyödynnetään Linnunlauluun suunniteltua vaihdekujaa V465-V464, josta junat liikennöivät yksiraiteisesti vaihdekujan ja Pasilan väliä.	- Vaihtoehtoista liikennöintimallia ei voi simuloinnin perusteella suositella, vaan tällaisissa häiriötilanteissa lähijunien on parempi käyttää kaukoliikenneraiteita Helsingin ja Pasilan välillä.
Lisätarkastelu ehdotettujen toimenpiteiden C ja F (uudet kaupunkiraiteiden vaihdekujat Linnunlaulussa) hyödyntäminen risteävien kulkuteiden poistamiseksi Helsingin ratapihalla	Vaihdekujien hyödyntämistä tutkittiin liikennöintimallilla, jossa kaupunkiraiteiden liikennöintisuunta vaihtuu hetkellisesti oikeakätiseksi aina, kun Helsinkiin saapuvalla lähijunalla olisi normaalisti konfliktissa oleva kulkutie samaan aikaan lähtevän lähijunan kanssa.	- Simuloinnin perusteella ehdotettu ratkaisu toimii tilanteissa, joissa ei ole yhtään häiriötä, mutta tarkemmassa tarkastelussa ratkaisu osoittautui erittäin häiriöherkäksi. Simulointi tosin tehtiin siten, että liikennöintisuunnat vaihtuivat aikataulutetun mukaisesti, tulokset olisivat olleet paremmat, jos liikennöintisuuntien muutoshetki määritettäisiin manuaalisesti aina tarvittaessa. - Ehdotettu liikennöintimalli toimii ainoastaan, jos liikenteenohjauksella on mahdollisuus seurata sekä Helsinkiin saapuvien että sieltä lähtevien junien liikkumista reaaliajassa ja tehdä muutokset liikennöintisuuntaan manuaalisesti tilannekuvan perusteella. Vaihtoehtoisesti kauko-ohjausjärjestelmän ohjausalgoritmeja on kehitettävä siten, että järjestelmä osaa optimoida kulkusuunnat automaattisesti.

(*) Riskiarvo perustuu simuloinnissa mitattuihin varausarvoihin. Tulosten perusteella raiteistonkäyttöön ja laiturivarauksiin vaikuttavia asioita on jatkossa huomioitava tarkemmin.

Helsingin laituriraiteiden osalta suositellaan parannustoimenpiteiksi esim:

- kääntöaikojen optimointi
- ylimääräisten pysähdysten vaikuttavien aikojen minimointi. Esimerkiksi ovien sulkeutuminen n. 20 s ennen lähtöaikaa
- kuljettajien ja konduktöörin kouluttaminen edellä mainittuun liittyen
- kalustokokoonpanomuutokset tehdään muualla kun Helsingissä
- ohjausvaunujen lisääntyminen parantaa tilannetta

Pasilan osalta toimenpiteitä ovat esim:

- HELRAssa esitetyt ennakkotietoa toistavat opastimet
- eri junatyypin pysähdysten analysointi, pysähdysten keston vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen ja pysähdysten keston optimointi

Lisäksi jatkossa on suositeltavaa määrittää kullekin junatyypille optimaaliset ajoajat sekä ajoajan pelivarat Helsingin ja Pasilan välille huomioiden, että matkustajille näytettävä aikataulu voi olla hieman erilainen (voidaan pyöristää hieman alaspäin) kuin kuljettajien ja liikenteenohjauksen käyttämä aikataulu. Esimerkiksi matkustajille aikataulu voidaan esittää tasaminuutin tarkkuudella, vaikka junien kulku olisikin suunniteltu 10 sekunnin tarkkuudella.

3.5 Maksimikapasiteetin määrittäminen

3.5.1 Maksimikapasiteetin määrittäminen

Liikenteellisesti työn päätavoitteena on ollut määrittää maksimikapasiteetti Helsingin ratapihalle. Rautatieliikenteessä kapasiteetti ilmoittaa maksimijunamäärän, joka voi liikennöidä määrätyllä rataosalla tietyn ajanjakson aikana. Ratakapasiteetin yksikkö on junaa aikayksikössä (esimerkiksi junaa/h). Kansainvälisen rautatieliiton UIC:n (2004/2013) määrittelyn mukaisesti ratakapasiteetti on suhteellinen käsite, eikä sen määrää ole mahdollista yksiselitteisesti mitata. Ratakapasiteetti riippuu useasta itsestään tekijästä, joiden yhteisvaikutuksesta ja käyttötavasta rataosan maksimivälityskyky muodostuu.

Kapasiteettianalyysillä on mahdollista verrata suhteellisesti eri suunnitteluvaihtoehtojen kapasiteettia edellytyksellä, että ainoastaan yksi kapasiteettiin vaikuttava osatekijä, kuten tarkasteltava aikataulumalli tai raiteistovaihtoehto muuttuu. Jos verrattavissa vaihtoehtoisissa on eri aikataulumalli ja infrastruktuuri eroavat toisistaan, tulokset eivät ole täysin verrattavissa keskenään. Tässä työssä tutkituille vaihtoehtoisille (VE0+ ja VE4+) on pyritty laatimaan mahdollisimman samankaltainen liikennemalli, mutta vaihtoehtojen nopeuseroista johtuen aikataulumallit eroavat hieman toisistaan. Junamäärät ovat kuitenkin samat. Erot ovat lähinnä ajoajoissa, ja välillisesti laituriraiteiden pysähdysajoissa. Pienistä eroista johtuen seuraavissa kappaleissa esiteltyjä lukuja tulee ensisijaisesti käyttää suhteellisessa vertailussa. Työssä käytössä olleet liikenteelliset reunaehdot ja oletukset huomioon ottaen laskennalliset luvut ovat kuitenkin hyvin lähellä ”absoluuttisia kapasiteettirajoja”, ja tulosten validoimiseksi laskennalliset enimmäisjunamäärät on myös työaikana simuloitu tulosten laskennan jälkeen.

Tässä työssä lähestyttiin maksimikapasiteettia seuraavilla lähestymistavoilla:

1. **Minimijunaväleihin perustuva teoreettinen maksimikapasiteetti**, joka perustuu erityistarkastelun raidekohtaisiin minimijunavälituloksiin.
2. **Infrastruktuurin eri osien varausasteisiin perustuva maksimikapasiteetti**, joka perustuu aikataulusuunnitteluun ja ilman häiriötilanteita tehtyihin simuloimisiin.
3. **Kaupalliset reunaehdot huomioiva maksimikapasiteetti**, joka perustuu aikataulusuunnitteluun, jossa on huomioitu muun rataverkon luomat rajoitteet rataosilla sekä kalustokierto ja raiteistonkäyttö Helsingissä.

4. **Häiriösietoinen maksimikapasiteetti**, joka perustuu kriittisen junamäärän löytämiseen vähentämällä (pääradalla) tai lisäämällä (rantaradalla) häiriötillanesimuloinneissa junamäärää kaukotulevaisuuden aikataulusta. Tulosten perusteella on määritetty junamäärä, jossa viivytykset olisivat vielä hyväksyttävällä tasolla.

3.5.2 Minimijunaväleihin perustuva teoreettinen maksimikapasiteetti

Laskennallinen teoreettinen maksimikapasiteetti perustuu Helsingin ja Pasilan välisten laituriraiteiden välisten reittien minimijunavälitarkasteluihin. Laskelmassa huomioitiin minimijunavälit tilanteessa, jossa Pasilassa on kaikille junille (huoltoliikkeitä lukuun ottamatta) määritetty 30 sekunnin pysähdysaika. Kaukojunille lisättiin laskelmassa vielä 30 sekuntia lisää pysähdysaikaa. Muodostuneisiin minimijunaväleihin lisättiin 5 prosentin pelivara, jonka jälkeen kapasiteetin käyttöasteen maksimirajoiksi määriteltiin UIC:n suositusten mukaisesti kaupunkiraiteilla 85 prosenttia ja kaukoliikenteen raiteilla 75 prosenttia. Taulukossa 3 on esitetty minimijunaväleihin perustuvat maksimikapasiteetit eri infrastruktuurivaihtoehdoille.

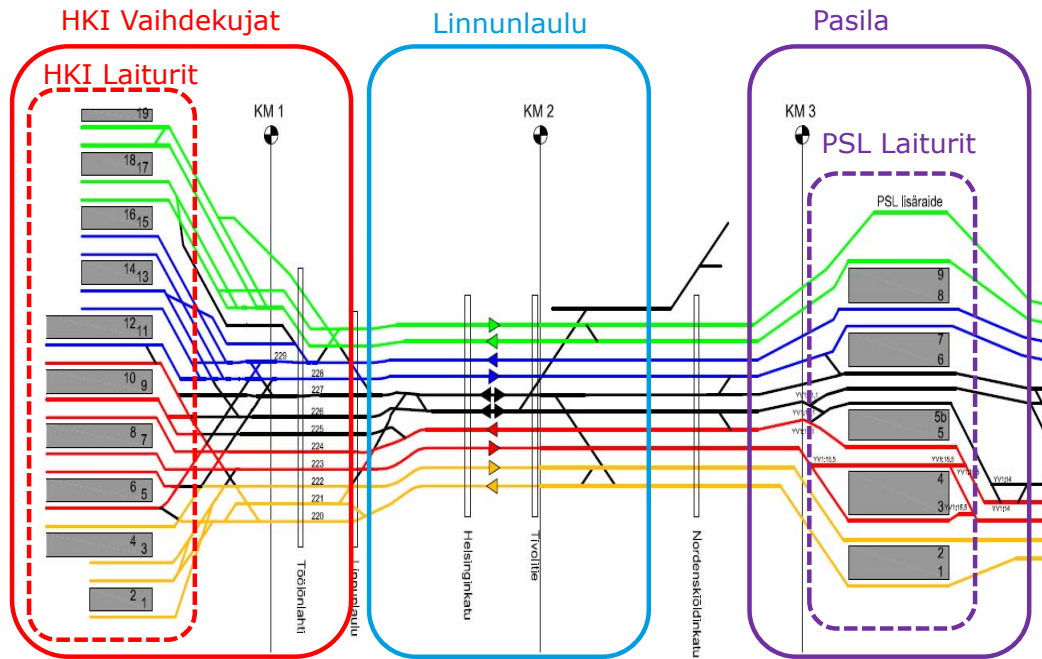
Taulukko 3. Minimijunavälien pohjalta lasketut teoreettiset maksimikapasiteetit.

Minimijunaväleihin perustuva teoreettinen maksimikapasiteetti	VEo+	VE4+	HelPi
Rantaradan kaupunkiraiteet	38	48	45
Rantaradan kaukoraiteet	25	25	26
Pääradan kaukoraiteet	30	30	29
Pääradan kaupunkiraiteet	46	48	45
Yhteensä kaikki linjaliikenneraiteet	139	151	145

Vaihtoehdossa **VEo+** linjaliikenneraiteiden teoreettiseksi maksimikapasiteetiksi muodostui **139 junaa/h** ja vaihtoehdossa **VE4+** **151 junaa/h**. **Helpi-vaihtoehdossa** teoreettinen maksimikapasiteetti on **145 junaa/h**.

3.5.3 Infrastruktuurin eri osien varausasteisiin perustuva maksimikapasiteetti

Infrastruktuurin eri osien varausasteisiin perustuvan maksimikapasiteetin laskenta perustui tarkastelualueen opastinportaiden, vaihdekujien ja laituriraiteiden varausasteisiin simuloinnin aikana. Näiden avulla saadaan laskettua kullekin mittauspisteelle maksimikapasiteetti. Varaukset on mitattu Helsingin ja Pasilan laitureilta, Linnunlaulusta sekä Helsingin edustan vaihdekujasta. Varausasteiden mittauspisteet on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Varausasteiden mittausalueet.

Kun tarkastellaan rinnan Pasilan, Helsingin ja Linnunlaulun simulointituloksiin perustuvia laskennallisia arvoja (taulukko 4) havaitaan, että eri vaihtoehtojen tuloksissa ei ole suurta eroa. Tarkastelualueen eri osien kokonaiskapasiteetit vaihtelevat välillä 136–145 junaa/h lukuun ottamatta vaihtoehtoon VEO+ Linnunlaulun tulosta, joka on suuremmasta nopeusrajoituksesta johtuen selvästi suurempi, kuin muut lasketut luvut.

Taulukko 4. Yhteenveto infrastruktuuriin eri osiin perustuvasta maksimikapasiteettilaskennasta (Pasilassa ja Helsingissä käytetty kaukotulevaisuuden skenaarion lukuja).

	VEO+	VE4+	HelPi
Helsinki	140	144–145	144–145
Pasila	139	136	140
Linnunlaulu	161	145	138
Merkitsevä arvo	139	136	138

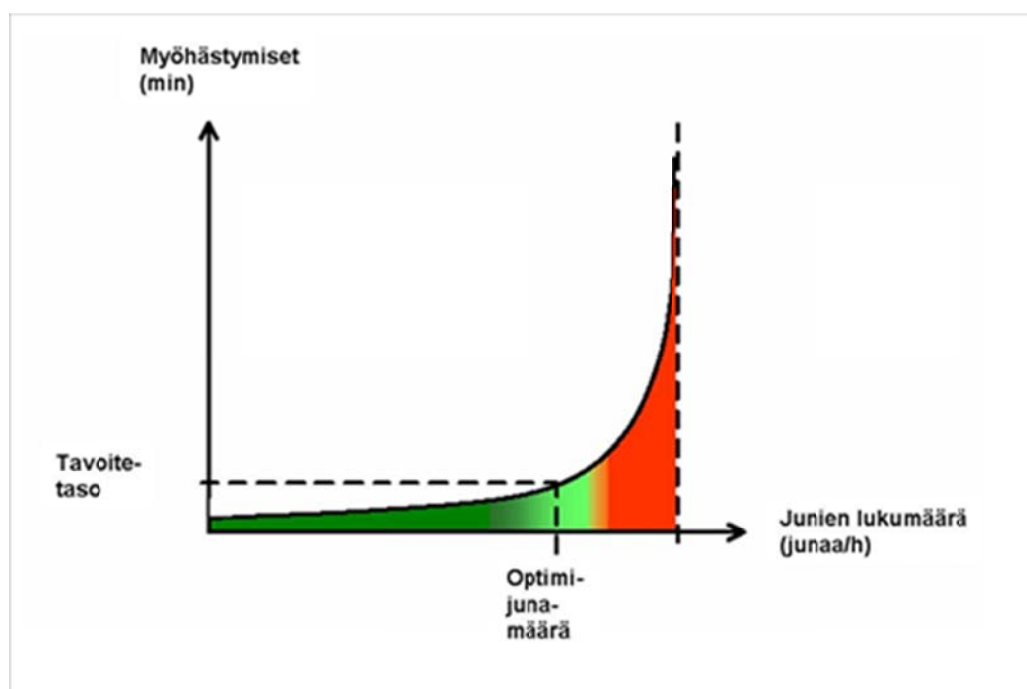
3.5.4 Kaupalliset reunaehdot huomioiva maksimikapasiteetti

Kaupallinen maksimikapasiteetti syntyy muun liikenneverkon asettamien reunaehtojen perusteella. Koska muun liikenneverkon reunaehdot edellyttävät vähintään 4 minuutin vuoroväliä, pääradan kaukoliikenteen raiteiden ja kaupunkiraiteiden junamäärä ei voi olla suurempi kuin 15 junaa tunnissa yhteen suuntaan. Rantaradalla ei päästä yhtä suureen junamäärään, sillä Kirkkonummen asemajärjestelyt ja Kirkkonummen jälkeinen yksiraiteisuus eivät mahdollista yhtä paljon junia kuin pääradalla.

Kaupalliseksi maksimikapasiteetiksi muodostui laadittujen reunaehtojen mukaisesti kaukotulevaisuuden skenaarion mukainen junamäärä **104 junaa/h** (kts. taulukko 1). Maksimikapasiteetti on sama vaihtoehdoissa VEO+ ja VE4+. Junamäärällä tarkoitetaan tässä yhteydessä sekä linjaliikenteessä kulkevia junia että vaihtoliikkeitä Ilmalaan.

3.5.5 Häiriösietoinen maksimikapasiteetti

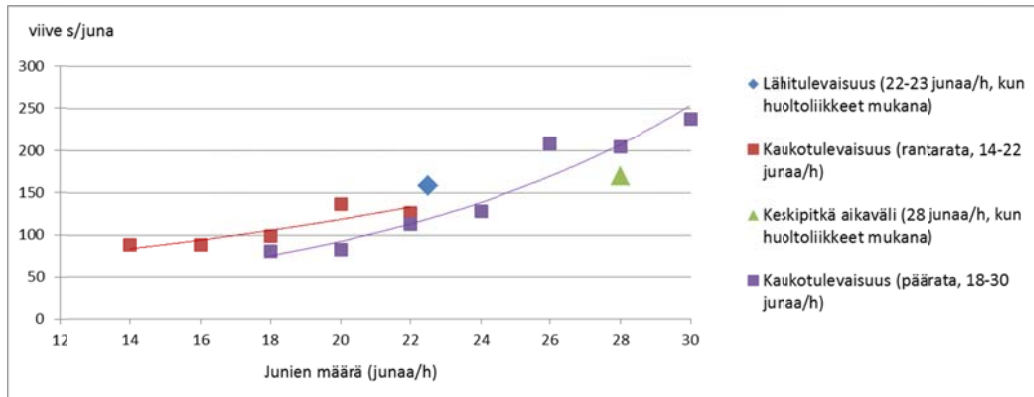
Kaikki edellä esitetyt laskennalliset kapasiteettitulokset olettavat, että junaliikenteessä ei ole häiriöitä, eikä liikenteestä palautumiselle tai kunnossapitotöille ole jätetty lainkaan kapasiteettia. Kansainväliset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että junamäärän kasvaessa viiveet alkavat kasvaa eksponentiaalisesti (kuva 9), ja kaikilla rataosilla on olemassa junamäärä, jota ei tulisi ylittää, jotta kapasiteettia on varattu riittävästi myös häiriöistä palautumiseen.



Kuva 9. Häiriösietoisen kapasiteetin määrittäminen.

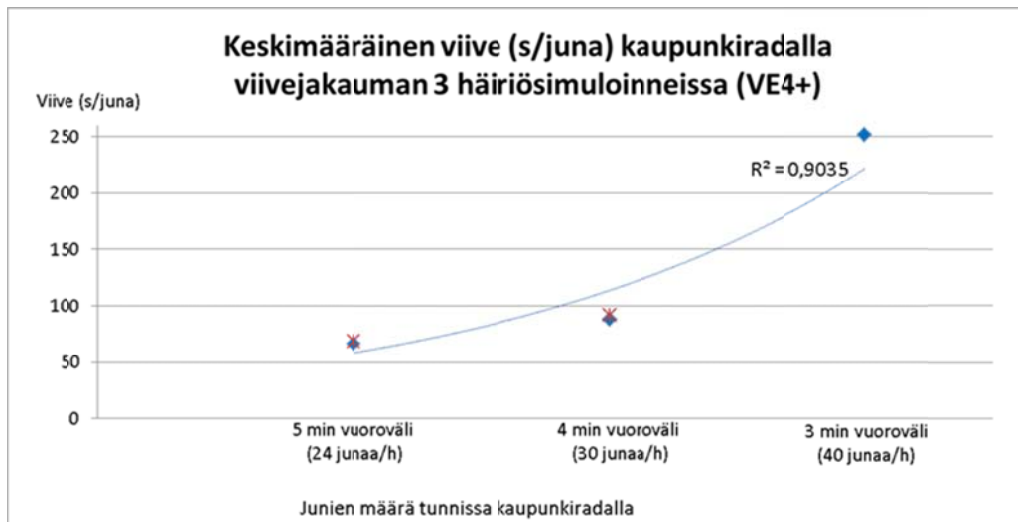
Häiriösietoinen kapasiteetti on määritetty toistamalla häiriösimulointeja hieman muutetuilla junamäärillä. Pääradalla vähennettiin junamäärää kaukotulevaisuuden skenaarion poistamalla yksi junapari kerrallaan aikataulusta, ja rantaradalla puolestaan junien määrää lisättiin kaukotulevaisuuden skenaarion yhdeksi junaparilla kerrallaan. Kaupunkiraitteilla vastaavaa tarkastelu tehtiin kolmella eri junamäärällä, jotka perustuvat 3, 4 ja 5 minuutin vuoroväleihin.

Eri junamäärillä saadut simulointitulokset on yhdistetty samaan tulospöytäkuvaan, josta junamäärän ja viiveiden eksponentiaalinen korrelaatio on määritetty (kuva 10). Kuvaajasta on edelleen määritetty häiriösietoinen maksimikapasiteetti Helsingin rata-alueella, joka on kaukoliikenneraiteilla kuvassa 10 esitetyn korrelaation perusteella 24 junaa/h/raidepari.



Kuva 10. Viivytysten ja junamäärän eksponentiaalinen korrelaatio kaukoliikenteen raiteilla.

Kuvassa 11 on esitetty simulointien perusteella muodostuneet korrelaatiot junamäärän ja viiveiden välillä kaupunkiraiteilla. Kuvan perusteella liikenne on vielä melko häiriösietoista, kun liikennöidään 4 minuutin vuorovälillä. Siirtyminen 3 minuutin vuoroväliin kasvattaa viiveitä merkittävästi, ja voidaankin todeta 4 minuutin vuorovälin olevan häiriösietoisien liikenteen raja. Tämä vastaa kapasiteettia 30 juna/raidepari.



Kuva 11. Viivytysten ja junamäärän eksponentiaalinen korrelaatio kaupunkiradalla.

Laskemalla yhteen kauko- ja kaupunkiliikenneraiteiden edellä määritetyt optimaaliset junamäärät saadaan häiriösietoiseksi junamääräksi vaihtoehdossa VE4+ noin 95–110 juna tai vaihtotyöliikettä tunnissa. Koska osa liikkeistä on todennäköisesti huoltoliikkeitä ja koska toisaalta toisenlaisella aikataululla ei kaikkea mahdollista kapasiteettia voida hyödyntää, on perustellumpaa pitää tarkastelualueen maksimikapasiteettina noin 90 juna ja noin 10 huoltoliikettä tunnissa.

Vastaavalla tavalla laskettuna häiriösietoinen maksimikapasiteetti HelPi-mallissa on noin 100–120 juna/h, ja vertailuvaihtoehdossa VEO+ on 87–102 juna/h. Ero vaihtoehtojen VEO+ ja VE4+ välillä selittyy kaupunkiraiteiden opastinvälien muutoksella.

3.5.6 Yhteenveto maksimikapasiteetin laskentatuloksista

Taulukossa 5 on esitetty kunkin edellisessä kappaleissa esitetyn kappaleen laskentatulokset. Esitettyjä lukuja tulee ensisijaisesti käyttää suhteelliseen vertailuun.

Taulukko 5. Maksimikapasiteetin laskentatulosten yhteenveto.

	VEo+	VE4+	HelPi
Minimijunaväleihin perustuva teoreettinen maksimikapasiteetti	139	151	145
Infrastruktuurin eri osien varausasteisiin perustuva maksimikapasiteetti	140	145	145
Kaupalliset reunaehdot huomioiva maksimikapasiteetti (rantaradan yksiraiteisuus on huomioitu / ei ole huomioitu)	104 / 140	104 / 145	104 / 145
Tarkastelun liikennemallilla laskettu häiriösietoinen maksimikapasiteetti (erilaisten liikennemallien arvioitujen vaihteluvälit on esitetty suluissa)	92 (87–102)	100 (95–110)	116 (100–120)

Taulukossa 5 esitettyjä tuloksissa tarkasteltaessa, on huomioitava, että junamäärän nousu 100 junaan tunnissa edellyttää vaihtoliikkeiden siirtämistä ruuhka-ajan ulkopuolelle sekä erittäin tehokasta laituriraiteiston käyttöä Helsingissä.

3.6 Toimenpidevaihtoehtojen vertailu

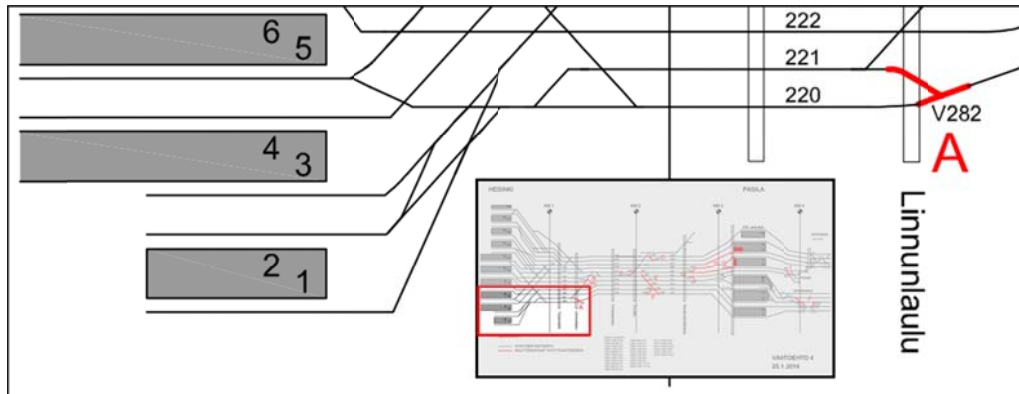
3.6.1 Vertailuperiaatteet

Esitettyjä toimenpiteitä on arvioitu toimenpiteittäin tarkastelemalla simulointituloksia, mikäli toimenpidettä on hyödynnetty häiriötilannesimuloinneissa, sekä myös sillä perusteella, miten toimenpide vaikuttaa mm. aikataulutaulusuunnitteluun ja kalustosiirtoihin ratapihalla. Vaihtoehtoja on verrattu asteikolla:

- 0 ei lainkaan hyötyä,
- + jonkin verran hyötyä,
- ++ selkeästi hyötyä ja
- +++ merkittävää hyötyä.

3.6.2 Vaihdeyhteys V282

Kuvassa 12 on esitetty toimenpide A, vaihdeyhteys V282 itäisimmältä raiteelta raiteelle 221.



Kuva 12. Toimenpide A, vaihdeyhteys V282.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja mahdollistaa itäisintä raidetta Helsinkiin saapuvien lähijunien ohjaamisen raiteen 220 sijaan raiteelle 221. Vaihtoehtoista reittiä voidaan hyödyntää tilanteissa, joissa suunniteltu kulkutie yksittäisellä junalla laituriraiteille 1-4 ei ole vielä vapaana sekä suuremmissa häiriötilanteissa, joissa Helsinkiin saapuvaa kalustoa halutaan tuoda mahdollisimman nopeasti laitureille. Jälkimmäisessä tilanteessa ensimmäinen juna voidaan ottaa raiteen 220 kautta ja seuraava 221 kautta. Tällöin kulkuteitä Pasilan suunnasta voidaan varmistaa aiemmin kuin nykytilanteessa ja mahdollista jonoutumista Pasilassa ja sen pohjoispuolella saadaan purettua tehokkaammin.

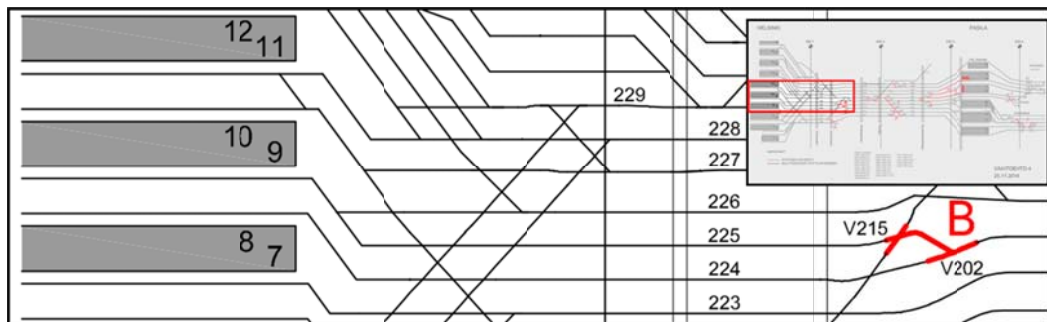
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: +

Vaihdekuja mahdollistaa lähiliikennejunien osalta liikennöintiperiaatteen, jossa joka toinen saapuva juna voidaan tarvittaessa ottaa varareitille. Tällöin ensimmäisen junan viiveet eivät heijastu seuraavaan junaan niin voimakkaasti. Vaihtoehtoisena reitinä vaihdekuja toimii, mutta täyttä hyötyä tästä ei saa, koska raiteelta 221:ltä ei pääse suoraan laituriraiteille. Ratkaisusta olisi todennäköisesti enemmänkin hyötyä, jos raiteelta 221 olisi suora yhteys edes laituriraiteelle 4 (silloin hyöty hyödyn suuruus ++).

3.6.3 Vaihdeyhteys V202 & V215

Kuvassa 13 on esitetty toimenpide B, vaihdeyhteys V202-V215 pääradan läntisimmältä raiteelta raiteelle 225.



Kuva 13. Toimenpide B, vaihteyhteys V202-V215.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Vaihteyhteiden V202-V215 hyödyt nousivat esille tarkastelussa, jossa raide 224 oli poissa käytöstä. Vaihtoehdossa VEO+ vaihteyhteyttä ei ole, joten junat joutuivat siirtymään Pasilassa huoltoraiteille. Kulkeminen huoltoraiteita pitkin hidastaa hieman junien saapumista Helsinkiin, sillä nopeusrajoitus on huoltoraiteilla 50 km/h. Lisäksi aikataulut huoltoraiteita käyttävien vaihtoliikkeiden osalta menivät osittain päällekkäin linjaliikenteen kanssa, jolloin linjaliikenteelle syntyi viivytyksiä. Vaihtoehdossa VE4+ sekä HelPi viivytyksiä ei syntynyt lainkaan, sillä raiteen V225 kautta kulkeminen ei poikkea merkittävästi raiteen 224 kautta kulkemisesta.

Lisäksi vaihteen hyödyntäminen lisäsi teoreettista laskennallisen kapasiteetin arvoa noin 5 junalla tunti, sillä ajamalla laitureille 9, 10 ja 11 kulkevat junat raiteen 225 kautta, voidaan samanaikaisesti lähettää juna laiturilta 8.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja mahdollistaa läntisintä raidetta Helsinkiin saapuvien kaukoliikenteen ja taajamajunien ohjaamisen raiteen 224 sijaan raiteelle 225. Vaihtoehdoista reittiä kannattaa hyödyntää aina, kun juna on saapumassa laituriraiteille 9–12(–19) tilanteissa sekä poikkeustilanteissa, jolloin suunniteltu kulkutie laituriraiteille 5–8 ei ole vielä vapaana. Lisäksi yhteyttä voidaan hyödyntää suuremmissa häiriötilanteissa, joissa Helsinkiin saapuvaa kalustoa halutaan tuoda mahdollisimman nopeasti laitureille. Tällöin ensimmäinen juna voidaan ohjata raiteen 224 kautta ja seuraava 225 kautta, jolloin kulkuteitä Pasilan suunnasta voidaan varmistaa aiemmin ja mahdollista jonoutumista Pasilassa ja sen pohjoispuolella saadaan purettua tehokkaammin.

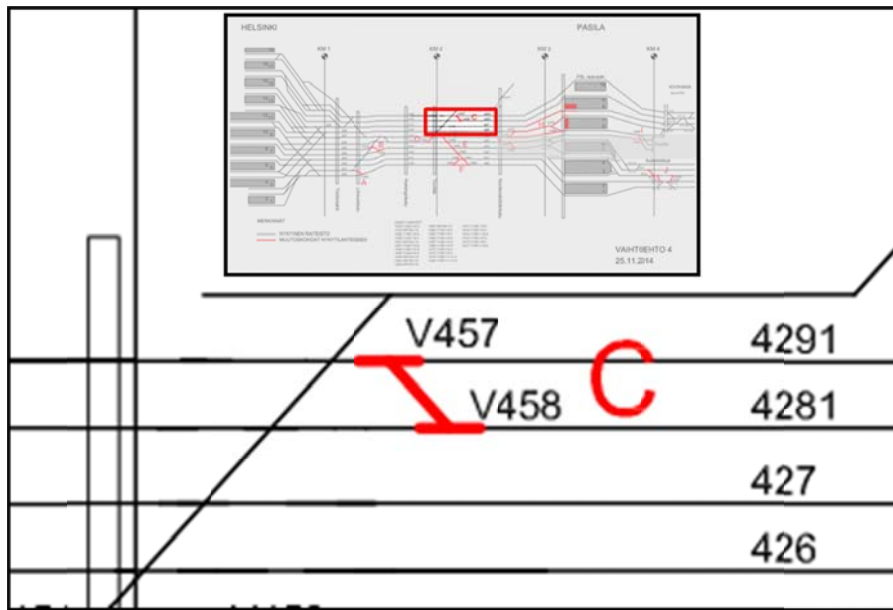
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: +++

Vaihdekuja mahdollistaa saapuvien kaukoliikennejunien liikennöintiperiaatteen, jossa joka toinen saapuva juna voidaan tarvittaessa ottaa varareitille. Vuorottelemalla saapumisraiteita ensimmäisen junan viiveet eivät heijastu seuraavaan junaan niin voimakkaasti. Uusi yhteys raiteen 225 kautta on erinomainen, koska siltä pääsee kaikille tällä hetkellä kaukoliikenteen käytössä oleville laituriraiteille.

3.6.4 Vaihteyhteys V457 & V458

Kuvassa 14 on esitetty toimenpide C, vaihteyhteys V457–V458 rantaradalla eteläiseltä keskiraiteelta eteläisimmälle raiteelle.



Kuva 14. Toimenpide C, vaihdeyhteys V457–V458.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Vaihdekujan hyödyntämistä tutkittiin ehdotetulla liikennöintimallilla, jossa osa junista kulkee vastakkain normaaliliikennesuuntaa vastaan. Simuloinnin perusteella ehdotettu ratkaisu osoittautui simuloinneissa erittäin häiriöherkäksi, eikä sen käyttöä voi suositella. Lisäksi esitetyn ratkaisun hallinta olisi liikenteenohjauksen kannalta erittäin hankalaa, jos junat ovat myöhässä useampia minuutteja.

Pääradan simulointitarkastelutuloksia tilanteessa Pasilan laiturit 2 poissa käytöstä voidaan johtaa johtopäätös, että vaihdekujien hyödyntäminen ei auttaisi ”yksi raide pois käytöstä” ruuhka-aikana, jolloin kaupunkijunat liikennöivät tarkastelualueella 5 minuutin vuorovälillä. Tällaisissa tilanteissa junat on parempi ohjata kaukoliikenne-raitteiden kautta.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja on suunniteltu edellisessä HELRAn suunnitteluvaiheessa tehtyjen sidosryhmähaastatteluiden perusteella. Ratkaisun perusteena on ollut idea tuoda lähiliikenne-raitteille noin puoleen väliin linjaosuutta mahdollisuus vaihtaa raidetta poikkeustilanteissa eteläisen ja eteläisen keskiraiteen välillä. Hyödyiksi ajateltiin lisämahdollisuuksissa poikkeustilanteiden hallintaa ja edelleen häiriösietoisempaa liikennettä. Simulointien perusteella vaihdekujien hyödyntäminen ei kuitenkaan auttanut tilanteissa, joissa eteläinen keskiraide oli poiskäytöstä. Simulointitulokset olivat paremmat tilanteessa, jossa saapuvat junat ohjattiin kulkemaan kaukoliikenne-raitteiden kautta.

Huipputuntien ulkopuolella, jolloin lähijunia kulkee 10 minuutin välein tai harvemmin, vaihdeyhteys kuitenkin mahdollistaa toisen linjaraiteen (eteläisin raide tai eteläinen keskiraide) poissa käytöstä olon ilman suuria häiriöitä liikenteeseen. Tällöin yhteyttä voidaan hyödyntää kunnossapitotöiden tehostamiseen sulkemalla yksi raide esimerkiksi vaihdekujan ja Helsingin välillä, jolloin kunnossapito saa pidempiä työrajoja suljetulle raiteelle vaihdekujien ja Helsingin laitureiden välillä.

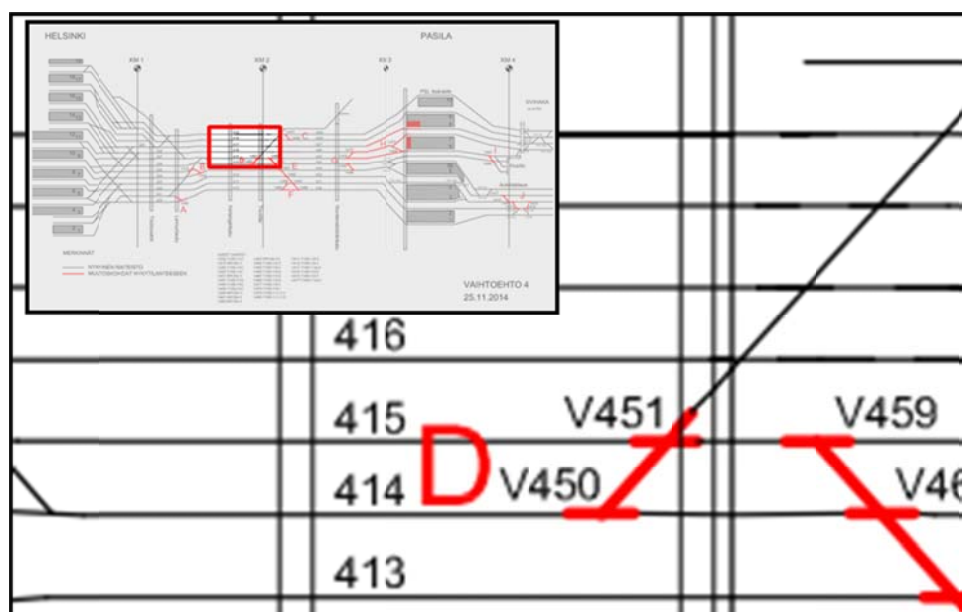
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: 0/+

Poikkeustilanteiden hoidossa vaihdekujasta ei kuitenkaan saada hyötyjä, sillä on tehokkaampaa ohjata lähiliikennejunat kulkemaan kaukoliikenneraiteiden kautta, jos toinen lähiliikenneraiteista on poissa käytöstä. Jos vaihdekujaa voidaan aidosti hyödyntää kunnossapitotöiden tehostamiseen, voidaan yhteyttä pitää jonkin verran hyödyllisenä. Liikenteelliset seikat eivät kuitenkaan puolla vaihdekujan toteuttamista.

3.6.5 Vaihdeyhteys V451 & V450

Kuvassa 15 on esitetty toimenpide D, vaihdeyhteys V450–V451 rantaradan pohjoisimmalta raiteelta huoltoraiteelle.



Kuva 15. Toimenpide D, vaihdeyhteys V450–V451.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja on ideoitu HELRA-projektin edellisen suunnitteluvaiheen sidosryhmätö-pajoissa. Ratkaisun perusteena on ollut idea mahdollistaa rantaradan kaikilta raiteilta suora yhteys raiteelle 414 asti. Tällä hetkellä yhteys on suoraan ainoastaan raiteelle 415. Puuttuvaa yhteyttä tarvitaan, koska huoltoraiteet on suunniteltu liikennöitävän ensisijaisesti vasenkätisesti, jolloin Helsinkiin päin kulkevat vaihtotyöliikkeet sekä poikkeustilanteissa myös junaliikkeet käyttävät huoltoraiteista itäistä huoltoraidetta (kuvassa raide 414). Lisäksi yhteys lisää mahdollisuuksia siirtää kalustoa rantaradan ja pääradan välillä. Ratkaisu tukeekin sidosryhmiltä tullutta toivetta lisätä mahdollisuuksia siirtää kalustoa vapaasti rantaradan ja pääradan välillä.

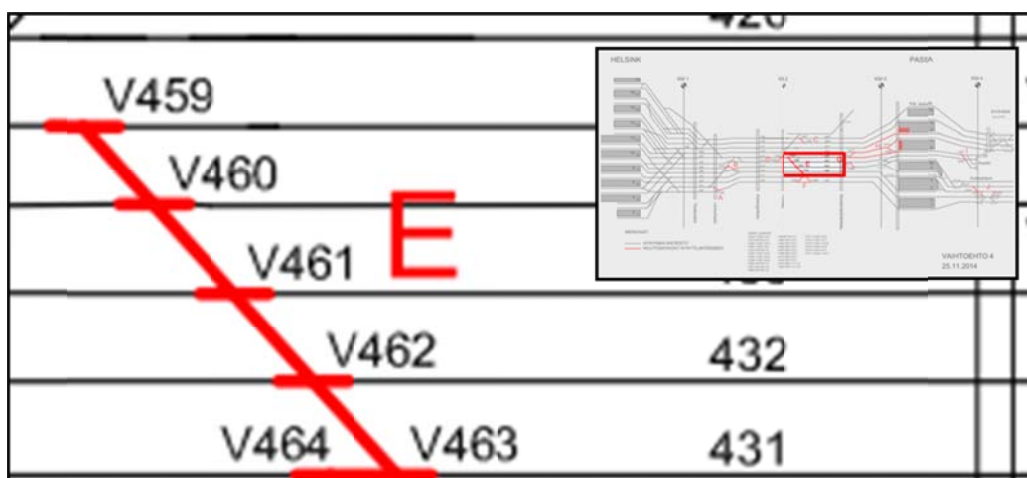
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: +

Vaihdeyhteys tuo nykyistä paremman reitin rantaradan linjaliikenneraiteiden ja huoltoraiteiden välille. Huipputuntien aikana yhteyden käyttö on kuitenkin erittäin haastavaa kaikkien raiteiden tiheään liikennöintivälien takia. Uutta vaihdeyhteyttä käytettäisiinkin todennäköisesti ainoastaan ennen ja jälkeen huipputunteja tapahtuvissa kalustonsiirroissa.

3.6.6 Vaihdeyhteys V459, V460, V461, V462 & V463

Kuvassa 16 on esitetty toimenpide E, vaihdekuja pääradalla.



Kuva 16. Toimenpide E, vaihdekuja pääradalla.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja suunniteltiin HELRA-projektin edellisessä suunnitteluvaiheessa sidosryhmähaastatteluissa esille tulleen toiveen perusteella. Ratkaisun avulla myös pääradalle saadaan vastaavanlainen pitkä vaihdekuja kuin rantaradan puolella on jo aiemmin ollut. Vaihdekujan päätarkoitus on tehdä pääradan kaikilta raiteilta suora yhteys raiteelle Itäiselle huoltoraiteelle. Yhteyttä tarvitaan, koska haastatteluilla sidosryhmillä on ollut jo pidempiaikainen toive siirtää kalustoa vapaammin rantaradan ja pääradan välillä.

Arvio toimenpiteen tärkeydestä

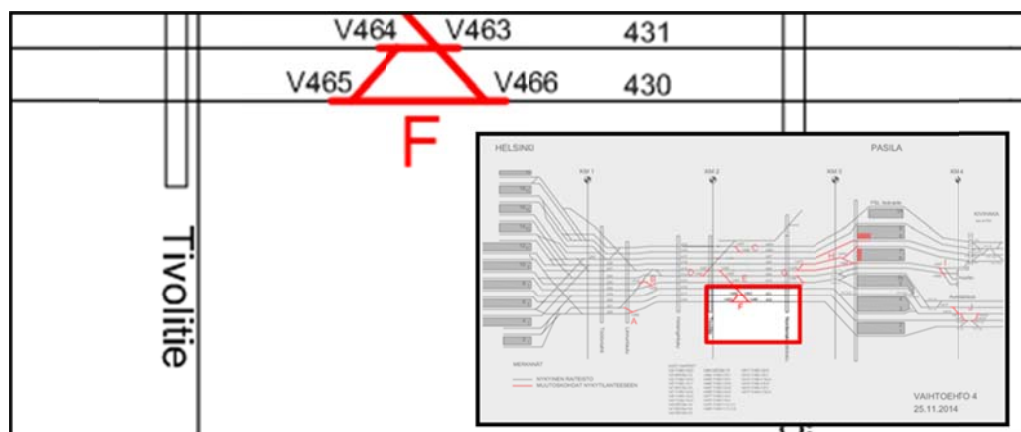
Hyödyn suuruus: +

Suunniteltu ratkaisu vastaa erittäin hyvin sidosryhmien toiveeseen saada parempi yhteys esimerkiksi kaikilta pääradan raiteilta huoltoraiteille ja edelleen kaikille rantaradan laituriraiteille. Huipputuntien aikana tämän yhteyden käyttö on kuitenkin erittäin haastavaa kaikkien raiteiden tiheän liikennöintivälien takia. Uutta vaihdeyhteyttä käytettäisiin todennäköisesti ainoastaan ennen ja jälkeen huipputunteja tapahtuvissa kalustonsiirroissa. Lisäksi Pasilan pohjoispuolelle suunnitellut uudet yhteydet tarjoavat osittain nämä samat yhteydet, mikä vähentää tämän ratkaisun tärkeyttä.

Vaihdeyhteys lisää myös jonkin verran mahdollisuutta lisätä linjaliikennöintiä huoltoraiteilla. Lisäksi yhteyttä voidaan hyödyntää kunnossapitotöiden tehostamiseen sulkemalla yksi tai useampi raide vaihdekujan ja Helsingin välillä, jolloin kunnossapito saa pidempiä työrajoja suljetuille raiteille. Asiantuntija-arvioiden mukaan tällä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä.

3.6.7 Vaihdeyhteydet V465 & V464 sekä V463 & V466

Kuvassa 17 on esitetty toimenpide F, vaihdeyhteydet pääradan kaupunkiraiteilla.



Kuva 17. Toimenpide F, vaihdekujat V464–V465 ja V463–V466.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Vaihdekujan hyödyntämistä tutkittiin tapauksessa Pasilan laiturit 2 poissa käytöstä. Vaihdekujan hyödyntäminen ei kuitenkaan auttanut, sillä junia liikennöi kaupunkiradalla 5 min vuorovälillä, jolloin "yksi raide pois käytöstä" tilanteessa vuoroväliksi muodostuu 2,5 minuuttia. Ajoaika yksiraiteisen osuuden läpi pysähtymisineen Pasilassa on kuitenkin pitempi, joten junat eivät voi vuorotella yksiraiteisella osuudella. Tällaisissa tilanteissa junat on parempi ohjata kaukoliikenneraiteiden kautta.

Vaihdekujan hyödyntämistä tutkittiin lisäksi ehdotetulla liikennöintimallilla, jossa osa junista kulkee vastakkain normaaliliikennesuuntaa vastaan. Simuloinnin perusteella ehdotettu ratkaisu osoittautui simuloinneissa erittäin häiriöherkäksi, eikä sen käyttöä voi suositella. Lisäksi esitetyn ratkaisun hallinta olisi liikenteenohjauksen kannalta erittäin hankalaa, jos junat ovat myöhässä useampia minuutteja.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja on suunniteltu edellisessä HELRAn suunnitteluvaiheessa tehtyjen sidosryhmähaastatteluiden perusteella. Ratkaisun perusteena on ollut idea tuoda lähiliikenneraiteille noin puoleen väliin linjaosuutta mahdollisuus vaihtaa raidetta poikkeustilanteissa itäisen raiteen ja itäisen keskiraiteen välillä. Hyödyiksi ajateltiin lisää mahdollisuuksissa poikkeustilanteiden hallintaa ja edelleen häiriösietoisempaa liikennettä. Simulointien perusteella vaihdekujien hyödyntäminen ei kuitenkaan auttanut tilanteissa, joissa Pasilan laituria 2 ei voitu käyttää ja liikennöinti ole estynyt itäisellä keskiraiteella esitettyjen vaihdekujien ja Pasilan aseman välillä. Simulointitulokset olivat paremmat tilanteessa, jossa saapuvat junat ohjattiin kulkemaan kaukoliikenneraiteiden kautta.

Huipputuntien ulkopuolella, jolloin lähijunia kulkee 10 minuutin välein tai harvemmin, vaihdeyhteys kuitenkin mahdollistaa toisen linjaraiteen (itäisin raide tai itäinen keksi-raide) poissa käytöstä olon ilman suuria häiriöitä liikenteeseen. Tällöin yhteyttä voidaan hyödyntää kunnossapitotöiden tehostamiseen sulkemalla yksi raide esimerkiksi vaihdekujan ja Helsingin välillä, jolloin kunnossapito saa pidempiä työrajoja suljetulle raiteelle vaihdekujien ja Helsingin laitureiden välillä. Asiantuntija-arvioiden mukaan tällä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä.

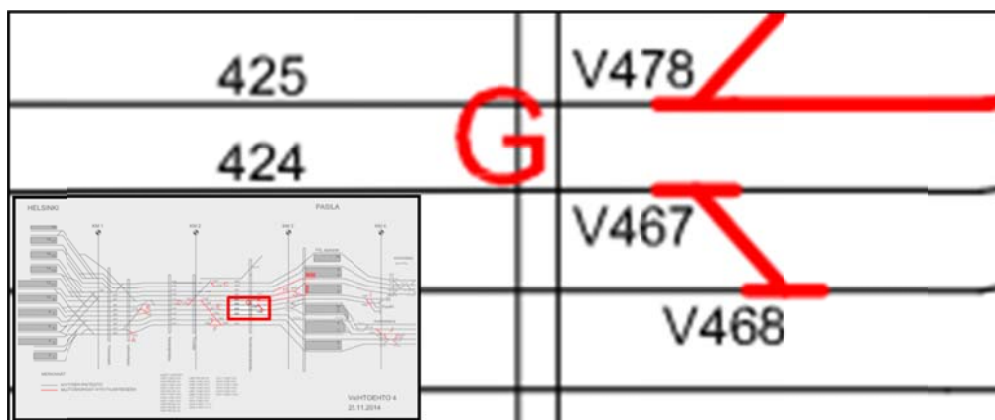
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: 0/+

Poikkeustilanteiden hoidossa vaihdekuja ei kuitenkaan saada hyötyä sillä on tehokkaampaa ohjata lähiliikennejunat kulkemaan kaukoliikenneraiteiden kautta, jos toinen lähiliikenneraiteista on poissa käytöstä. Jos vaihdekuja voidaan aidosti hyödyntää kunnossapitotöiden tehostamiseen, voidaan yhteyttä pitää jonkin verran hyödyllisenä. Liikenteelliset seikat eivät kuitenkaan puolla vaihdekujan toteuttamista.

3.6.8 Vaihdeyhteydet V467 & V468

Kuvassa 18 on esitetty toimenpide G, vaihdeyhteys V467-V468 pääradalla raiteelta 424 huoltoraiteelle.



Kuva 18. Toimenpide G, vaihdeyhteys V467–V468.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekujan tavoitteena on ollut parantaa yhteyttä Pasilan laituriraitteelle 5 saapuvien junien mahdollisuutta käyttää linjaliikenteessä itäistä huoltoraidetta. Yksinäisenä ratkaisuna ajatus ja ratkaisu on perusteltu, mutta kun huomioidaan, että vastaava yhteys saadaan toteutettua laituriraitteen 5B kautta, yhteyden merkitys vähenee. Yhteydestä onkin itse asiassa hyötyä ainoastaan sellaisessa tilanteessa, että laiturille 5B ei voida syystä tai toisesta ajaa. Tällöinkin suunnitteluratkaisu E tarjoaa tämän yhteyden hieman etelämpänä. Lisäksi tässä tilanteessa hyötyä häiriösietoisuudessa saadaan ainoastaan, jos poikkeustilanne tapahtuu huipputuntien aikana, jolloin linjaliikenneraiteiden kapasiteetista voi olla pulaa.

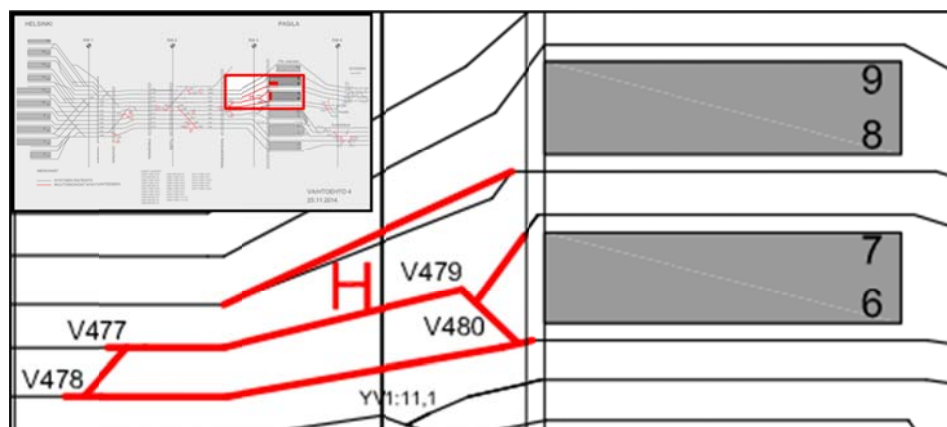
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus: 0

Ratkaisun mahdollistamalle yhteydelle on olemassa vaihtoehtoiset yhteydet tämän kohdan sekä pohjois- että eteläpuolella. Jos suunnitteluratkaisusta E toteutetaan vaihteet V460 & V461, ei tälle yhteydelle ole tarvetta.

3.6.9 Vaihdeyhteydet V477 & V478 sekä V479 ja V480

Kuvassa 19 on esitetty toimenpide H, vaihdeyhteydet Pasilan eteläpuolella rantaradan ja huoltoraitteen välillä.



Kuva 19. Toimenpide H, vaihdeyhteydet V477–V478 ja V479–V480.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihekujan tavoitteena on ollut parantaa Pasilan laituriraitteiden 6 ja 7 käyttöä sekä mahdollistaa läntisen huoltoraitteen hyödyntäminen Helsingistä rantaradalle lähtevän linjaliikenteen osalta. Laiturin 6 tehokas hyödyntäminen länteen suuntautuvalle linjaliikenteelle edellyttää kuitenkin myös muutoksia Ilmalan kauko-ohjauksen ja Helsingin asetinlaitteen väliseen rajapintaan ja vastuualueisiin. Tällä hetkellä reitti laiturilta 6 länteen kulkee osittain alueella, joka on Ilmalan kauko-ohjauksen piirissä.

Arvio toimenpiteen tärkeydestä

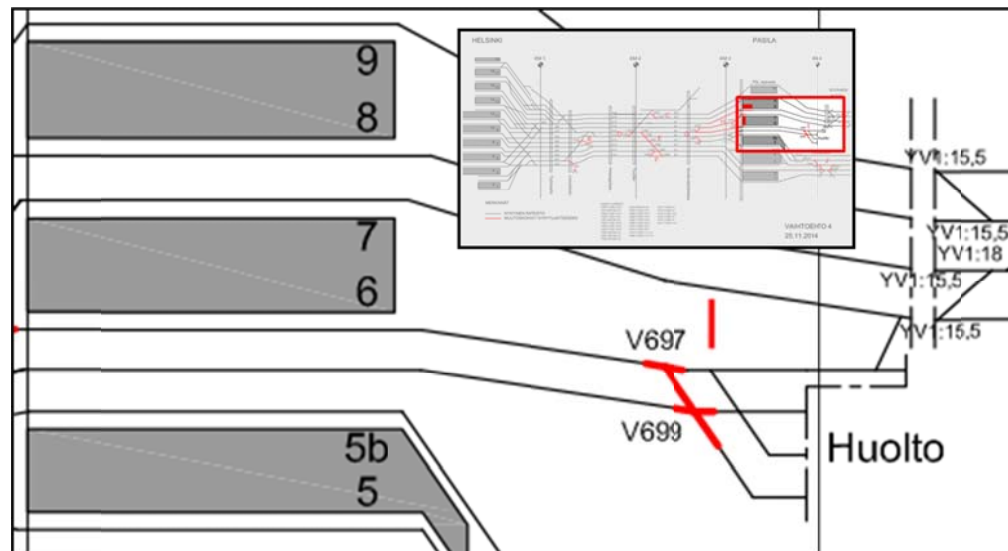
Hyödyn suuruus: +

Laitureiden 6 ja 7 joustavampi käyttö ja mahdollisuus hyödyntää läntistä huoltoraidetta tehokkaammin linjaliikenteelle siten, että yhteys Pasilan laituriraitteella 7 on olemassa, ovat aitoja hyöty. Erityisesti ensimmäistä hyötyä (laitureiden käytön joustavuus) vähentää kuitenkin haaste Ilmalan ja Helsingin kauko-ohjauksen nykyisestä aluejaosta. Jos tämän haasteen vaikutuksia voidaan teknisellä ratkaisulla tai hyvällä ohjeistuksella vähentää, olisi arvioitu hyöty nyt esitettyä suurempi.

Ilmalan ratapihan ja Helsingin ratapihan välisiin rajapintoihin (asetinlaite, raideyhteydet ja ohjausalueet) suunnitellaan muutoksia myös sekä Pasilan läntisen lisäraitteen että Pissaradan suunnittelussa. Tässä esitetyn toimenpiteen hyötyjä ja toteutusta tulee arvioida seuraavassa suunnitteluvaiheessa uudelleen yhdessä muiden projektien suunnitelmien kanssa. On myös otettava huomioon haasteet sähköradan toteuttamisessa HELRAssa esitettyyn geometriaan. Kaventunut raideväli aiheuttaa haasteita sähköradan toteuttamiseen ja esim. vaihteyhteyden V479/V480 siirtämistä vaihteiden V477/V478 kohdalle tulee jatkosuunnittelussa tarkastella yhtenä ratkaisumahdollisuutena.

3.6.10 Vaihdeyhteys V697-V699

Kuvassa 20 on esitetty toimenpide I, vaihdeyhteys V697–V699 huoltoraiteiden välillä.



Kuva 20. Toimenpide I, vaihdeyhteys V697-V699.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisua ei tutkittu simulointitarkastelujen avulla.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Vaihdekuja suunniteltiin, koska HELRAn useat ratkaisut perustuvat ajatukseen, että huoltoraiteita liikennöidään ensisijaisesti vasenkätisesti. Ilman esitettyä vaihdeyhteyttä yhteys Ilmalan ratapihalle olisi ollut hankalampi toteuttaa, koska junat saapuvat Ilmalaan pääsääntöisesti kuvassa 20 näkyvää vasemmanpuolesta reittiä ja poistuvat Ilmalasta oikeanpuoleista reittiä. Syy tähän liittyy Ilmalan sisäisiin järjestelyihin ja erityislaitteiden sijaintiin Ilmalan ratapihalla. Esitetty uusi yhteys mahdollistaa kuitenkin saapumisen ja poistumisen joustavasti kummaltakin huoltoraiteelta molemmille Ilmalaan johtaville raiteille. Ratkaisun tehokas hyödyntäminen voi vaatia pyörämittalaitteen siirtämistä toiselle raiteelle, tai mittalaitteiden asentamista molemmille raiteille.

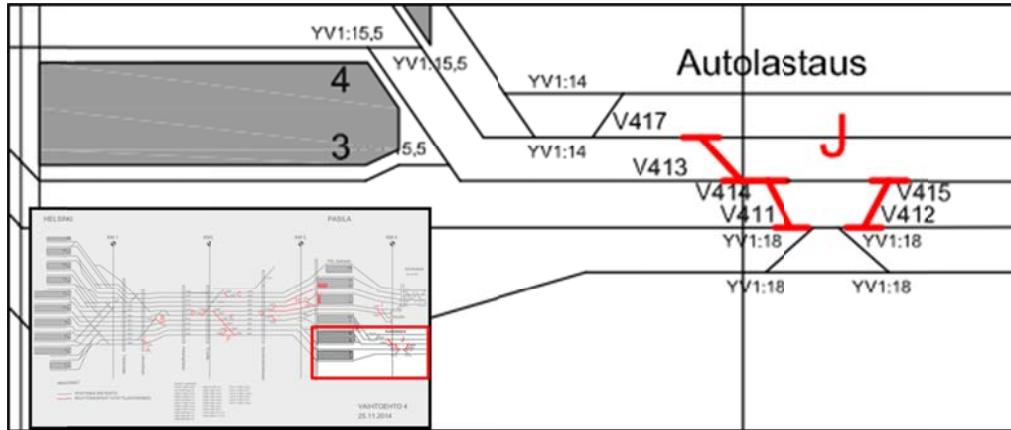
Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus): +/++

Uudella vaihdeyhteydellä huoltoraiteet saadaan entistä joustavampaan käyttöön, minkä ansioista ratkaisu tuo aitoa hyötyä koko suunnittelualueelle.

3.6.11 Vaihdeyhteydet V411, V414, V413 ja V417 sekä V412 & 415

Kuvassa 21 on esitetty toimenpide J, vaihdeyhteydet Pasilan pohjoispuolella pääradan raiteiden välillä sekä pääradan ja kaupunkiraiteiden välillä.



Kuva 21. Toimenpide J, Pasilan pohjoispuolen vaihdeyhteydet.

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Ratkaisun vaikutuksia tutkittiin tapauksessa Pasilan laiturit 2 poissa käytöstä. Uusi vaihdekuja vähentää häiriötä merkittävästi, jos lähiliikenne raiteilla on ongelmia ja junat joutuvat kulkemaan toiseen suuntaan kaukoliikenteen raiteiden kautta.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Pasilan pohjoispuolinen raiteenvaihtopaikka (RVP) oli sidosryhmähaastatteluissa yksi eniten toivotuista parannustoimenpiteistä. Suurin syy toiveille on viime vuosina usein toistuneet häiriötilanteet, joissa lähijunat ovat joutuneet ajamaan Helsingistä kaukoliikenteen raiteita pitkin Pasilaan. Nykyisin junat ovat joutuneet ajamaan Oulunkylään asti kaukoliikenteen raiteella. Uusien vaihdeyhteyksien ansiosta juna saataisiin omalle raiteelleen heti Pasilan jälkeen.

Lisäksi uusi raiteenvaihtopaikka parantaa Pasilan laituriraiteiden 5 ja 5b käytettävyyttä ja lisää merkittävästi mahdollisuuksia ohjata liikennettä vapaammin laituriraiteiden 1–5B välillä. Tarvittaessa esimerkiksi lähijunat voivat käyttää kaukoliikenteen laituriraiteita 3 ja 4, joiden ajoittaisista vapaista kapasiteettia lähiliikenne ei nykyisellään voi hyödyntää häiriötilanteissa.

Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus +++

Pasilan uusi pohjoinen raiteenvaihtopaikka tuo mukanaan paljon uusia yhteyksiä ja joustavuutta liikenteen ohjaukseen. Suurimmat hyödyt saadaan pohjoiseen kulkevien lähiliikennejunille. Raiteenvaihtopaikka luo myös muita merkittäviä hyötyjä. Vaihdeyhteydet luovat paljon uusia hyödyllisiä kulkuteitä ja dynaamisuutta Pasilan laituriraiteiden käyttöön. Lisäksi puolenvaihtopaikka mahdollistaa, että jatkossa lähijunia voidaan kääntää Pasilassa.

Lisäksi kunnossapito ja ratatyökoneet hyötyvät uudesta raiteenvaihtopaikasta. Asiantuntija-arvioiden mukaan tällä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä.

3.6.12 Opastinvälien tiivistäminen kaupunkiliikenneraiteilla Helsinki–Pasila välillä

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Simulointien perusteella opastinvälien tiivistäminen ja muutoksen mahdollistamat uudet opastinportaat vähentävät minimijunavälejä kaupunkiraiteilla muutamasta sekunnista muutaman kymmeneen sekuntiin käytettävistä kalustosta ja kulkutiestä riippuen. Kaikki tulokset ja eri junaliikkeiden vuorovaikutukset huomioiden opastinportaat tuovat Helsingin ratapihalle lisää häiriösietoista kapasiteettia 2 junaa/h jokaista lähiliikenneraidetta kohden. Osalle lähiliikenneraiteista kapasiteettia muodostui simulointiin perustavassa laskennassa selvästi tätäkin enemmän, mutta kalustokierron ja muiden riippuvuuksien takia, ainoastaan pienen ero vaihtoehtojen tulosten välillä on huomioitu johtopäätöksessä.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Edellä mainitun lisäkapasiteetin lisäksi uusista opastinportaista oli simulointien perusteella hyötyä myös häiriöistä palautumisessa. Koska työssä on mallinnettu ainoastaan rajallinen määrä häiriötilanteita, on todennäköistä, että täysin kaikkea hyötyä häiriösietoisuuteen ei saatu esille tehdyissä tarkasteluissa.

Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus ++

Tiheämmät opastinvälit tuovat selvästi hyötyä ratapihan kapasiteettiin ja häiriösietoisuuteen. Edellisessä HELRAn suunnitteluvaiheen lopuksi oli oletus, että yksi suurimmista esitetyistä hyödyistä tulee uusien opastinportaiden kautta. Tämä oletus on vahvistunut tässä työssä tehtyjen simulointien perusteella.

3.6.13 Uudet laituripastimet Pasilaan

Suunnitteluratkaisun hyödyntäminen simuloinnissa, ja niissä esiin tulleet hyödyt

Työn aikana tehtyjen minimijunavälisimulointien yhteydessä selvitettiin myös uusien laituripastimien asentamisen vaikutusta minimijunaväleihin. Opasteet vähensivät selvästi minimijunavälejä kaikilla kaupunkiraiteilla, jonka jälkeen ne otettiin lähtökohdaksi kaikille kaupunkiliikenteen raiteille sekä vaihtoehdossa VE4+ että HelPi.

Mahdolliset hyödyt, jotka eivät tulleet simuloinnissa esille

Minimijunavälit ja laituriraiteiden varaustulokset vähenivät selvästi myös verrattaessa nyt saatuja simulointituloksia edellisen HELRA-vaiheen tuloksiin, mikä vahvistaa arviota laituripastimien hyödyistä, vaikka aikataulut ja raiteistonkäyttö oli hieman erilainen edellisessä suunnitteluvaiheessa.

Arvio toimenpiteen tärkeydestä

Hyödyn suuruus ++

4 Kustannusarvio

HELRA kustannusarvio on laadittu muodostamalla nauhakustannuksia soveltaen Fore-järjestelmän tietokantaa, muiden toteutuneiden hankkeiden kustannustietoja sekä asiantuntija-arvioita. Kustannukset on jaettu neljään HELRA-vaiheeseen.

Taulukossa 6 on esitettyä yhteenveto kustannusarvioista. Yhteensä arvio HELRA-alueen kehityskustannuksista on n. 60 miljoonaa euroa.

Taulukko 6. Kustannusarvio

Nimike	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
	kustannus	kustannus	kustannus	kustannus
RATARAKENTAMINEN				
Maa- ja pohjarakenteet	193 000	134 000	303 000	359 000
Vaihteet				
YV60-300-1:9	720 000	540 000	1 260 000	720 000
YV60-500-1:11,1				520 000
YV60-500-1:14	520 000			
KRV54-200-1:9		560 000	1 400 000	
Vaihteiden poistot		15 000	8 000	
Raiteen tuenta		27 000		36 000
Raiteen vaihto	36 000	34 000	72 000	36 000
Päällysrakenne		47 000		195 000
Tilapäiset tasoylikäytävät	40 000	60 000	100 000	160 000
Laiturimuutokset				190 000
TURVALAITTEET	2 440 000	1 930 000	8 050 000	1 290 000
SÄHKÖRATA	1 510 000	1 150 000	2 160 000	1 760 000
VAHVAVIRTA	196 000	315 000	483 000	235 000
YHTEENSÄ, alv 0%	5 655 000	4 812 000	13 836 000	5 501 000
Työmaatehtävät (20 %)	1 131 000	963 000	2 767 000	1 100 000
Tilaajatehtävät (18 %)	1 018 000	866 000	2 491 000	990 000
YHTEENSÄ, alv 0%	7 804 000	6 641 000	19 094 000	7 591 000

KAIKKI HELRA VAIHEET YHTEENSÄ: **41 130 000**

VARAUKSET

Urakka-alueen luonteesta johtuva riskivaraus	2 000 000
Turvalaitteiden ja JKV järjestelmän varaukset (siirrot, kehitys ja uusiminen)	5 000 000
Kaapeloinnin siirtoon ja kaapelikanaviin liittyvä varaus	2 000 000
Sähköratamuutosten varaus	2 100 000
Tutkimus- ja PIMA-varaukset	1 000 000

VARAUKSET YHTEENSÄ: **12 100 000**

ALUEEN ARVIOIDUT KORVAUSINVESTOINNIT: **6 700 000**

KUSTANNUSARVIO YHTEENSÄ: **59 930 000**

5 Riskienhallinta

HELRA riskienhallinnassa on pyritty tunnistamaan hankkeen suunnitteluun ja toteuttamiseen liittyvät vaara- ja häirtatekijät. Riskienhallintatyössä on huomioitu Helsingin ratapihan keskeinen merkitys koko rataverkolle ja liikenteen sujuvuudelle. Riskienarvioinnin tarkasteluja on jatkettu kokonaisvaltaisesti ja edellisen suunnitteluvaiheen mukaisesti prosessin, hankkeen suunnittelun, rakentamisen, käyttöönoton ja käyttövaiheen näkökulmista. Riskienhallintatyön tuloksia käytetään päätöksenteon tukena ja jatkosuunnittelun lähtötietona.

Parantamissuunnitteluvaiheen riskienarviointi on dokumentoitu erilliseen YTM-raporttiin ja vaararekisteriin sekä turvallisuusselvitykseen ja kokonaisvaltaiseen riskienhallintasuunnitelmaan.

Liikennevirasto (ehdottaja) on edellyttänyt HELRA-suunnitteluhankkeelta parantamissuunnitteluvaiheessa YTM-asetuksen mukaista riskienhallintaa OHM-osajärjestelmään toteutettavien muutosten osalta. Tältä osin riskienhallinnan tarkastelut toteutettiin YTM-asetuksen (EU 352/2009) vaatimusten ja Liikenneviraston ohjeen ”YTM-asetuksen mukainen riskienhallinta rautatiejärjestelmässä, Dnro 4256/065/2011” mukaisesti. ISA-arviointi eli riippumaton turvallisuusarviointi toimi hankkeen YTM-asetuksen mukaisen riskienhallinnan ulkoisena laadunvarmistusmenettelynä.

Parantamissuunnitteluvaiheessa järjestettiin kolme riskienhallinnan työpajatilaisuutta, joihin osallistui Liikenneviraston ja suunnittelukonsultin avainhenkilöiden lisäksi myös muita tahoja (esim. sidosryhmien edustajia ja asiantuntijoita) kullekin kokoukselle asetettujen tavoitteiden ja tarkastelunäkökulmien mukaisesti. Työpajatilaisuuksien lisäksi järjestettiin useita suunnitteluryhmän sisäisiä riskienhallintaa käsitteleviä kokouksia.

Riskienhallinnan työpajoissa käsiteltiin YTM-asetuksen mukaiseen riskienhallintaan liittyvään OHM-osajärjestelmään suunniteltavista muutoksista aiheutuvia riskejä sekä määritettiin turvallisuusvaatimuksia ei-hyväksyttävien riskien pienentämiseksi hyväksyttävälle tasolle ja arvioitiin jäännösriskien suuruuksia määritettyjen turvallisuusvaatimusten jälkeen. Turvallisuusvaatimusten toteuttamiseen ja dokumentointiin liittyvät asiat kirjattiin vaararekisteriin.

OHM-osajärjestelmään liittyvän YTM-asetuksen mukaisen riskienhallinnan rinnalla suunnitteluvaiheessa toteutettiin myös kokonaisvaltaista riskienhallintaa Liikenneviraston rautatiejärjestelmää koskevan turvallisuusjohtamisjärjestelmän vaatimusten mukaisesti. YTM-asetuksen mukaisen ja kokonaisvaltaisen riskienhallinnan pohjalta laaditun turvallisuusselvityksen tavoitteena on siirtää suunnitelmavaiheen riskitietoisuutta sekä välittää riskienhallintatyön menettelytavat seuraavan suunnitteluvaiheen vastaaville suunnittelijoille. Koko hankkeen tasolla tavoitteena on siirtää suunnittelun aikana tunnistetut rakentamisvaihetta tai lopputilannetta koskevat riskit tiedoksi sekä rakentamisen että lopputilanteen vastuutahoille.

Helsingin ratapihalla on nykyisin kohtia, jotka eivät täytä RATO 6 -ohjeen vaatimuksia. Koska myöskään HELRA-hankkeen myötä ei kaikkia muutettavia kohtia ole mahdollista toteuttaa ko. ohjeistuksen mukaan, pyrittiin tässä suunnitteluvaiheessa perustelemaan mahdollisuudet ohjepoikkeamille. Parantamissuunnitteluvaiheen aikana käytettiin apuna vikapuomallintamista haettaessa merkittäväksi riskiksi tunnistet-

tuun huipputapahtumaan (esim. kahden junan törmäykseen) vaikuttavia tekijöitä. Vikapuumenetelmässä syy–seuraus-suhteiden mallintamisen kautta voitiin laskennallisesti selvittää todennäköisyyttä huipputapahtumalle. Vikapuumallintaminen yhdessä simulointien ja laskentamallin tulosten kanssa tukee käsitystä, että huipputapahtuman riski on hallittavissa.

6 Hankearviointi

6.1 Vertailuasetelma

Hanke sisältää Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantamiseen liittyviä toimenpiteitä ja lähitulevaisuudessa välttämättömiä ratapihan korvausinvestointeja. Toiminnallisuutta parantavat toimenpiteet muodostuvat uusista vaihteyhteyksistä Helsingin ja Pasilan välillä siten, että niiden kautta saadaan yhteydet mm. huoltoraiteelta pääradan suunnan raiteille. Hanke sisältää merkittäviä muutoksia myös ratapihan turvalaitejärjestelmään. Helsingin ja Pasilan välisten kaupunkiraiteiden opastinrakennetta muutetaan niin, että välille saadaan kaksi uutta opastinväliä suuntaansa lisää. Uusien opastinvälien avulla voidaan lyhentää minimijunavälejä ja lisätä kapasiteettia. Opastinvälien tiivistämiseen liittyvien turvallisuusnäkökohtien vuoksi suurin sallittu nopeus Helsingin ja Pasilan välillä lasketaan 60 km:iin/h. Hankkeen kustannusarvio on noin 60 M€, josta välttämättömien korvausinvestointien osuus on noin 7 M€.

Hankearvioinnin vertailuvaihtoehto (VEO+) vastasi nykyistä infrastruktuuria täydennettynä Pasilan läntisellä lisäraiteella. Vertailuvaihto edellyttää vastaavat korvausinvestoinnit kuin hankevaihtoehto. Vertailuvaihtoehto ei sisältänyt Pisararataa. Vertailuvaihtoehdossa suurin sallittu nopeus linjaosuudella Helsingin ja Pasilan väillä on 80 km /h. Junatarjonta oli vertailu- ja hankevaihtoehtoisissa yhtä suuri.

Hankkeen vaikutuksia tarkasteltiin alueella, joka käsittää Helsingin ja Pasilan välisen liikennealueen, Pasilan ja Oulunkylän välisen rataosuuden pääradalla sekä Pasilan ja Huopalahden välisen rataosuuden rantaradalla. Tarkastelu ei sisältänyt hankkeen mahdollisia kulkutapojen välisiä kysyntävaikutuksia eikä vaikutuksia muuhun liikennejärjestelmään kuten bussiliikenteen tarjontaan ja tieliikenteen ulkoisiin vaikutuksiin.

6.2 Hankkeen keskeiset vaikutukset

Laadittujen simulointien mukaan junien nopeusrajoituksen alentaminen Helsingin ja Pasilan välillä pidentää junien matka-aikaa häiriöttömässä tilanteessa keskimäärin 20 sekuntia. Hanke vähentää erilaisista häiriötilanteista aiheutuvia junien viiveitä. Suurin hyöty saavutetaan pääradan kauko- ja taajamajunaliikenteessä.

Junien viiveiden vähentyessä matkojen täsmällisyys paranee. Liikenneviraston ja VR:n tavoitteena kaukoliikenteessä on, että vähintään 90 % junista saapuisi määräasemalle korkeintaan 5 minuuttia myöhässä. Lähiliikenteessä myöhästymisen raja on 3 minuuttia ja täsmällisyystavoite 97,5 %. Hanke parantaa noin vuoteen 2030 asti ulottuvalla ajanjaksolla selkeästi pääradan kaukojunien täsmällisyyttä, sillä myöhässä saapuvien junien osuus vähenee noin neljällä prosenttiyksiköllä.

Helsingin ja Pasilan välisten opastinvälien tiivistäminen vähentää minimijunavälejä kaupunkiraiteilla muutamasta sekunnista muutamaa kymmeneen sekuntiin käytävistä kalustosta ja kulkutiestä riippuen. Tiheämmät opastinvälit tuovat selvästi hyötyä ratapihan kapasiteettiin ja liikenteen häiriösietoisuuteen. Hankkeen avulla linjaliikenteen määrää voidaan liikenteen häiriintymättä ja tarpeelliset vaihtotyöliikkeet turvaten kasvattaa 82 junasta 90 junaan tunnissa.

Hankkeeseen sisältyvät uudet vaihdekujat luovat myös uusia vaihtoehtoisia junien kulkureittejä ja mahdollistavat uusia liikennöintiperiaatteita häiriötilanteissa. Saavutettavia hyötyjä ovat mm.

- uudet vaihdekujat mahdollistavat lähijunaliikenteelle ja kaukojunaliikenteelle uusia liikennöintiperiaatteita, joissa joka toinen juna voidaan tarvittaessa ottaa vaihtoehtoiselle reitille. Tällöin junien viiveet eivät heijastu seuraavaan junaan niin voimakkaasti.
- uudet vaihdekujat mahdollistavat uudet reitit pääradan ja rantaradan raiteilta huoltoraiteille sekä pääradan ja rantaradan raiteiden välille. Näitä uusia reittejä voidaan hyödyntää erityisesti ennen ja jälkeen huipputunteja tapahtuvissa kalustonsiirroissa.
- Pasilaan saadaan uusi raiteenvaihtopaikka, joka tuo mukanaan uusia yhteyksiä ja joustavuutta liikenteen ohjaukseen, luo dynaamisuutta Pasilan laituri-raitteiden käyttöön ja mahdollistaa lähijunien kääntämisen Pasilassa.
- Ilmalan uuden vaihdeyhteyden avulla huoltoraiteita voidaan käyttää aiempaa tehokkaampiin kaikkiin liikennesuuntiin.
- uudet vaihdeyhteydet mahdollistavat kunnossapitotöille tehokkaammat työraot.

6.3 Hankkeen kannattavuus

Hankkeen yhteiskuntataloudellista kannattavuutta ei voitu luotettavasti määrittää, sillä laskelmaa varten ei voitu määrittää hankkeen mahdollistaman ratapihan toiminnallisuuden paranemisen synnyttämiä rahamääräisiä hyötyjä eikä junien lisätarjonnan mahdollistamia liikennejärjestelmätason hyötyjä.

6.4 Päätelmät

Hankkeen tavoitteena on lisätä Helsingin ja Pasilan välistä ratakapasiteettia, vähentää liikennehäiriöistä aiheutuvia haittoja kuten nopeuttaa junaliikenteen elpymistä häiriötilanteista ja parantaa junaliikenteen täsmällisyyttä. Hankkeen vaikutukset arvioitiin asetettujen tavoitteiden suuntaisiksi.

Hankkeen toteuttaminen luo tarvittavaa lisäkapasiteettia Helsingin ratapihalle. Asian tuntija-arvioiden mukaan ratapihan nykyinen junatarjonta (74 junaa/h) kasvaa 80 junaan Helsinki-Riihimäki-perusparannushankkeen valmistumisen jälkeen. Pidemmällä aikavälillä junamäärien arvioidaan kasvavan kaupunkiraiteilla niin, että ruuhka-aikoina siirrytään 5 minuutin vuorovälistä 4 minuutin vuoroväliin. Tällöin junamäärä

nousee noin 90 junaan tunnissa, joka on vaihtoliikkeet huomioiden lähellä laskettua HELRAn häiriösietoista maksimikapasiteettia.

Junamäärien kasvattamisen avulla saavutetaan monia liikennejärjestelmätason hyötyjä, joita ovat nykyisten ja uusien junamatkustajien palvelutasohyödyt, vähenevät tieliikenteen onnettomuudet ja päästöt sekä yhdyskuntarakenteen tiivistyminen radanvarsialueilla.

Hankkeen laajojen positiivisten ja asetettujen tavoitteiden mukaisten vaikutusten perusteella hanketta voidaan pitää toteuttamiskelpoisena.

7 Yhteenveto, johtopäätökset ja jatkosuositukset

7.1 Yleistä

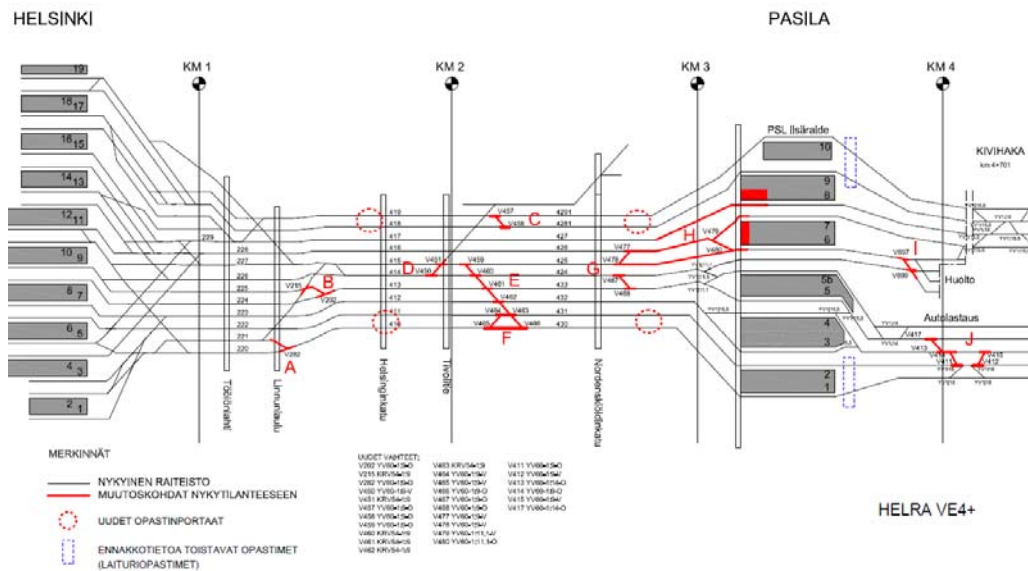
HELRA parantamissuunnittelu -hankkeen tavoitteena on ollut liikennehäiriöiden vaikutusten vähentäminen matkustajille, ratapihan häiriönsietokyvyn parantaminen sekä kapasiteetin kehittäminen. Tehtyjen simulointien ja vaikutusarvioiden perusteella suunnitellun hankevaihtoehdon VE4+ vaikutukset Helsingin ratapihaan ja sen liikenteeseen ovat asetettujen tavoitteiden suuntaiset.

Hankkeeseen sisältyvät uudet vaihdeyhteydet tarjoavat merkittävän määrän uusia mahdollisuuksia eri häiriötilanteiden ja kunnossapidon aiheuttamiin liikennekatkojen nykyistä tehokkaampaan hoitamiseen. Ratapihan kapasiteettia voidaan kehittää hyödyntämällä Pasilan asemalla uusia ennakkotietoa toistavia opastimia (laituriopastimia) ja tihentämällä opastinvälejä Helsingin ja Pasilan asemien välillä. Opastinvälien tihentämisen takia junien nopeuksia joudutaan kuitenkin alentamaan.

Huoltoraiteiden paremmat käyttömahdollisuudet avaavat uusia ja nykyistä parempia sekä tehokkaampia toimintatapoja ratapihan hyödyntämiseen.

7.2 Yksittäisten kehityskohteiden analyysi

Kuvassa 22 on esitettyä HELRA kehitystoimenpiteet.



Kuva 22. HELRA-raiteisto ja toimenpiteet

Alla on kehitystoimenpiteet jaettuna arvioitujen hyötyjen mukaisesti:

1. Parhaiksi kehityskohteiksi ja toimenpiteiksi on arvioitu kohdat B ja J. Nämä parantavat pääosin häiriötilanteiden hallintaa. Toimenpidettä B voidaan myös käyttää aikataulutetussa liikenteessä ja sillä on vaikutuksia kapasiteettiin. Toimenpide J mahdollistaa Pasilan laituriraiteiden 1–5b käytön tehokkaasti mm. häiriötilanteiden aikana.
2. Seuraavaksi parhaiksi toimenpiteiksi arvioitiin turvalaitteisiin liittyvät muutokset (uudet opastinportaat ja laituripastimen käyttö). Näillä toimenpiteillä on suurin vaikutus vaihtoehdon VE4+ kasvaneeseen linjakapasiteettiin. Lähes yhtä merkittäväksi arvioitiin Ilmalan uusi vaihdeyhteys (toimenpide I), joka parantaa huoltoraiteiden käyttömahdollisuuksia ja vaikuttaa siten koko alueen toimintaan ja raiteiston käyttömahdollisuuksiin.
3. Kolmannelle tasolle arvioitiin toimenpiteet A, D, E ja H. Muutosten vaikutukset kohdistuvat pääosin häiriötilanteiden hallintaan. Toimenpide H mahdollistaa Pasilan 6 laiturin hyödyntämisen myös Pasilan lisäraiteen jälkeen. H toimenpidettä tulee tarkastella seuraavissa suunnitteluvaiheissa kriittisesti, sillä se vaikuttaa sähköradan toteuttamiseen merkittäväällä tavalla.
4. Liikenteen kannalta vähemmän hyötyjä saadaan toimenpiteistä C, F ja G.

Vaikka kaikista toimenpiteistä ei ole häiriöttömässä tilanteessa linjaliikenteelle suoraa hyötyä, saavutetaan niillä hyötyjä mm. kunnossapitotöiden toteuttamiseen. Uudet vaihdeyhteydet mahdollistavat kunnossapitotöille tehokkaammat työraot. Asiantuntija-arvioiden mukaan tällä voidaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä.

7.3 Johtopäätökset

HELRA muutokset lisäävät ratapihan joustavuutta, mahdollisuuksia (häiriöherkkyyden parannus) ja häiriösietoista kapasiteettia. Uudet vaihdeyhteydet antavat lisää mahdollisuuksia myös kunnossapidolle pitempien työrajojen ja suurempien työalueiden avulla.

Uudet vaihdeyhteydet ja ratapihan uudet käyttömahdollisuudet auttavat omalta osaltaan myös HELRAn jälkeen Helsingin ratapihalle tehtävien investointien toteuttamista (esim. vanhan asetinlaitteen uudistaminen).

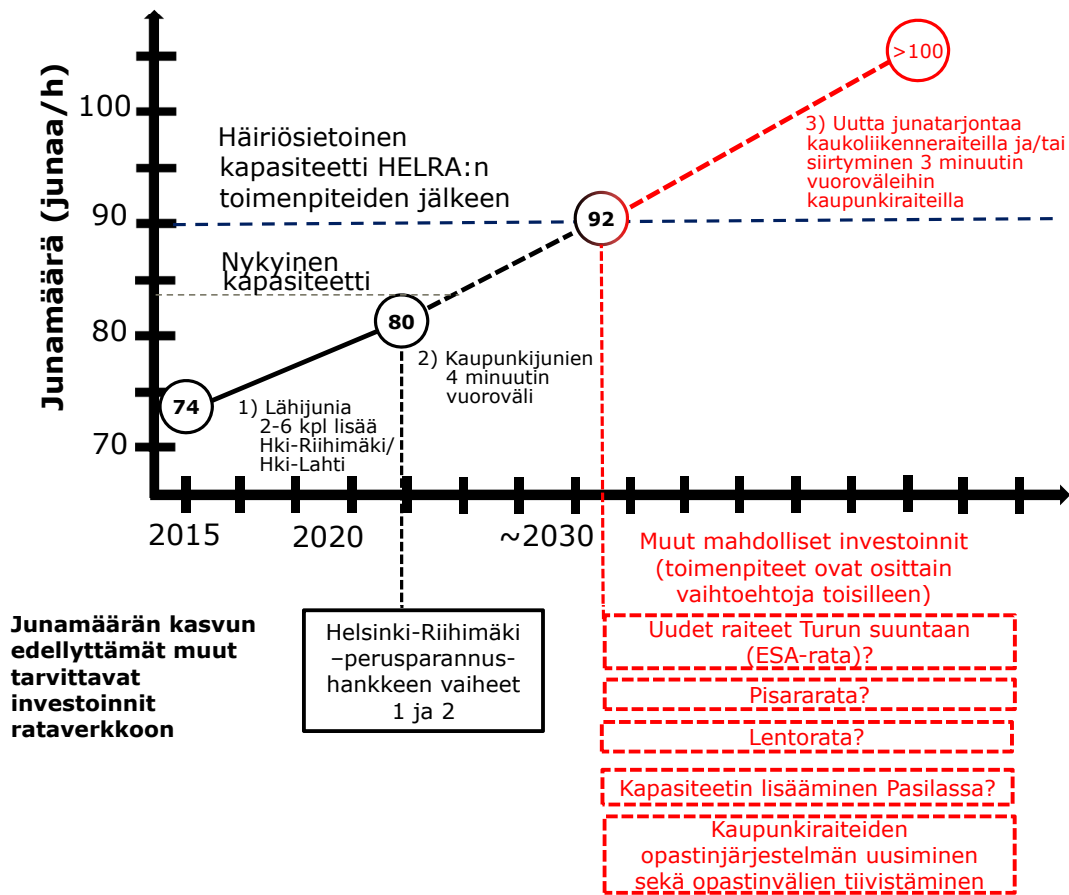
HELRA:n mahdollistaman häiriösietoisien kapasiteetin lisäys vastaa hyvin keskipitkän aikavälin liikennetarpeeseen, joka vastaa tilannetta, jossa Pasila–Riihimäki perusparannushankkeen I ja II-vaiheet on toteutettuna.

Hankkeen kannattavuuslaskelmaan ei voitu sisällyttää kuin suppea osa hankkeen tärkeimmistä vaikutuksista. Laskelma ei sisällä hankkeen mahdollistamia ratapihan toiminnallisuuden synnyttämiä hyötyjä eikä junien lisätarjonnan mahdollistamia liikennejärjestelmätason hyötyjä. Tämän vuoksi hankkeen yhteiskuntataloudellista kannattavuudesta ei saatu luotettavaa arviota.

Hankkeen toteuttaminen on kuitenkin perusteltua, sillä se lisää merkittävästi joustavuutta ratapihan liikennejärjestelyihin, parantaa junamatkojen täsmällisyyttä ja mahdollistaa pitkällä aikavälillä junaliikenteen kehittämiseen niin Helsingin lähi- kuin kaukoliikenteessä.

7.4 Etenemispolku Helsingin ratapihan kehittämiseen

Kapasiteettitarkasteluiden perusteella hankevaihtoehto VE4+ mahdollistaa noin 90 junaa/h, sekä samanaikaisesti noin 10 vaihtoliikettä/h. Kuvassa 23 on esitetty, mitä tämä tarkoittaa käytännössä, kun tulosta peilataan oletettuun junamäärän kehittymiseen, ja mahdollisiin muihin hankkeisiin, jotka vaikuttavat suoraan tai välillisesti Helsingin kapasiteettiin ja sen käyttöön. Kuvassa esitetty aikajana on viitteellinen.



Kuva 23. Vaihtoehdon VE4+ kapasiteetin riittävyys tulevaisuudessa.

Asiantuntijahaastatteluiden perusteella nykyisen junamäärän (74 junaa/h) on oletettu kasvavan 80 junaan Helsinki-Riihimäki-perusparannushankkeen valmistumisen jälkeen. Suurin osa uusista junista tulee olemaan taajamajunia Helsingin ja Riihimäen sekä Helsingin ja Lahden välillä. Tämän jälkeen haastatteluissa ei tullut esille muita merkittäviä odotuksia junamäärän kasvuun seuraavan noin 15 vuoden aikana. Tällaiselle tarjonnalle vaihtoehdon VE4+ mahdollistama häiriösietoinen kapasiteetti riittää hyvin.

Pidemmällä aikavälillä on kuitenkin todennäköistä, että junamäärät kasvavat kaupunkiraiteilla siten, että jossain vaiheessa siirrytään 5 minuutin vuorovälistä 4 minuutin vuoroväliin ruuhka-aikoina. Tällöin tunnitainen junamäärä nousisi noin 92 junaa/h, ja vaihtoehdon VE4+ häiriösietoinen kapasiteetti olisi lähes kokonaan käytössä. Tarkasteluiden perusteella 4 minuutin vuoroväliin siirtyminen on mahdollista esitetyillä ratkaisuilla Helsingin ja Pasilan välillä. Huomioitavaa on kuitenkin se, että muualla lähiliikenneverkolla voi olla yksittäisiä paikkoja, joissa esimerkiksi opastinten sijoittelua tulisi tarkistaa ennen 4 minuutin vuorovälin käyttöönottoa.

Lähiliikenteen osalta mahdollinen siirtyminen 3 minuutin vuoroväliin edellyttää todennäköisesti koko opastinjärjestelmän uusimista lähiliikenneverkolla, mikä todennäköisesti toisi myös Pasilaan lisää kapasiteettia lähiliikenteen laituriraiteille.

Kaukoliikenteen osalta kaukotulevaisuuteen on ollut esillä ajatuksia maanalaisesta lentoradasta, joka lisäisi kaukoliikennejunien määriä nykyisen pääradan suuntaan pohjoiseen ja mahdollisesti myös itään. Rantaradan osalta mahdollinen kaksiraiteinen rataosa Helsinki-Turku-välille vähentäisi matka-aikoja, mikä edelleen lisänee kysyntää ja junatarjontaa pitkällä aikavälillä. Jos nämä hankkeet toteutuvat vasta edellä esitettyjen lisäysten jälkeen, taajama- ja lähijunatarjontaan tarvitaan myös Helsingin ratapihan alueella lisää kapasiteettia. Tässä tapauksessa Pisararata ja esim. kaupunkiliikenteen raiteiden opastinjärjestelmän uusiminen voivat olla mahdollisia keinoja tarvittavan lisäkapasiteetin saavuttamiseksi.

7.5 Suositukset liikennesuunnitteluun ja liikennöintiin

HELRA muutoksilla ei pystytäkään vaikuttamaan kaikkiin ratapihan haasteisiin. Kaluston säilytys, mahdolliset ristiinajot vaihdekujissa ja kaluston koonpanomuutokset tuovat edelleen haasteita ratapihan toimintaan. Uudet vaihdeyhteydet antavat uusia mahdollisuuksia, mutta niitä on pystyttävä/osattava hyödyntämään tehokkaasti. Isossa roolissa Helsingin ratapihan toiminnassa onkin operaattorin, liikenteenohjauksen, ennakoivan ja nopeasti reagoivan kunnossapidon sekä rataverkon haltijan tiivis yhteistyö.

Osa kapasiteettia ja häiriösietoisuutta tuovista ehdotuksista ovat toiminnallisia parannuksia nykytilanteeseen. Tämän työn perusteella onkin tullut seuraavia suosituksia liikennesuunnitteluun ja liikennöintiin:

- varakalustoa ei pidä seisottaa Helsingin ratapihalla
- kalustokoonpanomuutokset tulisi tehdä ensisijaisti Ilmalassa
- junien kääntö- ja pysähdysaikoja on syytä tarkastella tarkemmin.
- junien pelivaroja kannattaa tutkia ja suunnitella linjoittain ja matkan eri vaiheille erikseen
- Pisararadan rakentamisen jälkeen eri laituriraiteita Helsingissä voitaisiin hyödyntää entistä kohdennetummin määritellyille linjoille.

Työn aikana tutkittiin useita sellaisia vaihtoehtoisia aikataulutetun liikenteen raiteistonkäyttöraatkaisuja, jotka todettiin simulointien ja haastattelujen perusteella olevan liian riskialttiita toteuttaa huomioden nykyisten kauko-ohjausjärjestelmien ominaisuuudet. Järjestelmien kehittämisessä on huomioitava liikennetilanteen ennustaminen sekä kulkutiekonfliktien tunnistaminen ja optimoitujen ratkaisujen esittäminen automaattisesti.

7.6 Huomioita ja jatkotoimenpiteitä

Alle on koottuna yksittäisiä huomioita ja suosituksia jatkotoimenpiteiksi.

Turvalaitteet ja JKV:

- selvitetävä ja arvioitava tarkemmin JKV järjestelmän laajennusmahdollisuudet hajautetun JKV-ohjauksen (koodaintekniikan) avulla tai keskitetyn JKV-ohjauksen avulla (Ebiloop tai uusi keskitetty JKV-järjestelmä)
- selvitetävä ja suunniteltava Ebiloop-järjestelmien elinkaari ja kunnossapitotarpeet (varastoitavat elementit)
- käynnistettävä selvitys uuden keskitetyn JKV-järjestelmän hankinnasta
- JKV ratkaisussa on huomioitava Helsingin nykyisen asetinlaitteen elinkaari
- alle 800 m esiopastinetäisyyksien merkitseminen maastossa (kehitettävä uusi radan merkki)
- määritettävä liikenteen ja kapasiteetin kannalta hyväksyttävissä oleva nopeusrajoitus tilanteeseen, jossa JKV järjestelmä ei ole käytössä (suositus 30 km/h)
 - o oletettavasti sama nopeusrajoitus tulee voimaan laajemmallekin alueelle. Varmistettava, että suositus on liikenteenhallinnan kannalta riittävä nopeus
- käytettävän opastinjärjestelmän arviointi
 - o tulevat investoinnit, eri järjestelmien elinkaaret ja yhdistelmäopastimen koekäyttökokemukset huomioden
- kaapelisiirrot aiheuttavat haasteita, uudet kanavat tulee rakentaa ennakkoivasti ja varata siirtoihin riittävästi aikaa

Yleiset suunnitteluperusteisiin ja yhteistyöhön liittyvät asiat:

- panostettava Helsingin alueen rataverkon kehitysprojektien tiiviiseen yhteistyöhön ja yhteensovitukseen
- suunnittelun lähtökohtana on oltava yhteinen näkemys tulevaisuuden liikenteestä koko pääkaupunkiseudulla ja sen vaatimuksista rataverkolle sekä liikenteenohjaus- ja turvalaitejärjestelmille
- harkittava pääkaupunkiseudulle (ainakin kaupunkiliikenteen käytössä oleville raiteille) uusia sekaliikenteen radoista poikkeavia yhteisiä suunnitteluperusteita/ohjeita

