

**SUOMIRADAN
SUURNOPEUSRATAVAIHTOEH-
DON JUNAMÄÄRÄT JA
AIKATAULUTARKASTELUT**

Suomiradan suurnopeusratavaihtoehdon junamäärät ja aikataulutarkastelut

1/2023

Eemeli Lamsijärvi, Kaisa-Liisa Tikka

Eemeli Lamsijärvi, Kaisa-Liisa Tikka: Suomiradan suurnopeusratavaihtoehdon junamäärät ja aikataulutarkastelut – Suomi-rata Oy Vantaa 2023. 1/2023.

Avainsanat: suurnopeusrata, junamäärät, aikataulutarkastelu, aikataulurakenne

Tiivistelmä

Suomi-rata Oy käynnisti syksyllä 2022 selvityksen Suomiradan suurnopeusrata-vaihtoehdon junamääristä ja aikataulurakenteen tarkastelusta. Tavoitteena oli selvittää, onko suurnopeusradan ja Pääradan muodostama kokonaisuus ratakapasiteetin näkökulmasta toimiva niillä junamäärillä, mitä asiantuntijaryhmän kanssa käytyjen keskustelujen perusteella tarvitaan.

Työn tausta-aineistona käytettiin mm. vuonna 2022 julkaistuja Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvitystä sekä Suomiradan linjausvaihtoehtojen vertailu -selvitystä. Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksessä junamäärät olivat työn erilaisen näkökulman takia (lähtökohtana kapasiteetin riittävyys) suuremmat kuin Suomiradan linjausvaihtoehtojen vertailu -selvityksen mukaan, joten tässä selvityksessä junamääriä tarkasteltiin nimenomaan kysynnän näkökulmasta.

Tarkastellut junamäärät olivat kaksi suurnopeusradan junaa, yksi Pääradan kaukojuna, neljä R-lähijunaa ja yksi tavarajuna tunnissa suuntaansa. Aikataulusuunnittelussa suunniteltiin myös Lahden suunnan kauko- ja lähijunat (2 kaukojuna ja 2 Z-lähijunaa tunnissa suuntaansa), ja Helsingin raiteistonkäytön suunnittelussa on tarkasteltu myös Turun suunnan junien aikataulurakenne sekä Ilmalan ja Helsingin väliset varikkosiirrot.

Raiteistonkäytön ja aikataulurakenteen toimivuus tarkistettiin simuloimalla Helsinki–Pasila-väli. Lisäksi häiriösimuloinnilla varmistettiin, että junaliikenteelle tyypilliset viivästymiset eivät aiheuta kerrannaisvaikutuksia aikataulurakenteeseen.

Selvityksen tuloksena todettiin, että kun Suomiradan suurnopeusrata, Pasila–Riihimäki 2. vaihe ja Digirata on toteutettu, on edellä esitetyt junamäärät mahdollista liikennöidä.

Esipuhe

Suomirata Helsingistä Tampereelle mahdollistaisi toteutuessaan matkustajajunien matka-ajan nopeutumisen ja paremmat edellytykset muun muassa ruuhka-aikojen junatarjonnan kasvattamiselle. Samalla tavaraliikenteen toimintaedellytykset Pääradalla paranisivat. Tässä selvityksessä on tarkasteltu Suomiradan suurnopeusratavaihtoehdon ja Pääradan junamääriä aikataulutarkasteluin. Kapasiteetin riittävyys ja liikenteen sujuvuus on varmistettu myös Helsinki–Pasila-osuuden liikenteen simuloinnilla.

Selvityksen on toteuttanut Proxion Plan Oy, projektipäällikkönä Kaisa-Liisa Tikka ja asiantuntijoina Eemeli Lamsijärvi, Aapo Halminen sekä Tuomas Toivio. Työtä on Suomi-rata Oy:stä ohjannut Siru Koski. Lisäksi selvityksen aikana on pidetty ohjausryhmän kanssa säännöllisiä palavereja ja ohjausryhmään ovat em. lisäksi kuuluneet Antti Lautela (Väylävirasto) sekä Tuomo Lapp (Flou Oy).

Vantaalla maaliskuussa 2023

Suomi-rata Oy

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
ESIPUHE	4
SISÄLTÖ	5
1 SELVITYKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET	6
1.1 Tarkastelualue	6
1.1.1 Oletettu infrastruktuurin kehitys	6
1.2 Käytetyt työmenetelmät	10
1.2.1 Aikataulusuunnittelun periaatteet	10
1.2.2 Simuloinnin periaatteet	12
2 AIKATAULUSUUNNITTELU	14
2.1 Junamäärät ja junien pysähtymiskäyttäytymiset eri rataosuuksilla	14
2.2 Aikataulusuunnittelun havaintoja	16
3 SIMULOINTITARKASTELUT	20
3.1 Perussimulointi	20
3.2 Häiriösimulointi	21
4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	23
LÄHDELUETTELO	24

LIITTEET

Liite 1	Aikataulugrafiikat
Liite 2	Raiteistonkäyttö Helsingissä
Liite 3	Raiteisto Helsinki–Pasila-välillä

1 SELVITYKSEN TAUSTA JA TAVOITTEET

Suomiradan junamääriä on tarkasteltu aiemmissa selvityksissä muun muassa radan kapasiteetin näkökulmasta (Helsinki–Pasila kapasiteettiselvitys, Väylävirasto & HSL 2022) ja kysynnän näkökulmasta (Suomiradan linjausvaihtoehtojen vertailu, Suomirata 2022a). Eri tarkastelunäkökulmat on tässä selvitystyössä yhdistetty ja junamääriä ja niiden aikataulurakennetta tarkastellaan kysynnän asettamista lähtökohdista. Junamäärät on määritelty yhdessä Suomi-rata Oy:n ja Väyläviraston kanssa.

Selvityksessä suunnitellaan aikataulurakenne Helsinki–Tampere-rataosuudelle Pääradalle ja uuden ratakäytävän suurnopeusradalle. Jotta myös Helsingin raiteistonkäytön mahdollisuudet tulee huomioitua, suunnitellaan aikataulut myös Helsinki–Lahti–Kouvola-rataosuudelle. Lisäksi Turun suunnan liikennelinen rakenne on samanlainen kuin Väyläviraston & HSL:n Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksessä (2022).

Työn tavoitteena on tutkia, asettaako ratainfrastrukturi ja radalle suunnitellut junamäärät rajoitteita junien aikataulusuunnittelussa, ja onko kaikki suunnitellut junat mahdollista yhteensovittaa toimivaksi kokonaisuudeksi. Aikataulurakenne simuloidaan Helsinki–Pasila-väliltä, jotta aikataulurakenteen toimivuus voidaan varmistaa myös Helsingin raiteistonkäytön ja Ilmalan varikkosiirtojen osalta. Lisäksi häiriösimuloinnin avulla tarkastellaan aikataulurakenteen häiriöherkkyyttä tilanteessa, jossa liikenne ei kulje täysin aikataulun mukaisesti. Häiriösimuloinnilla nähdään, miten aikataulusta myöhässä olevat junat vaikuttavat muun liikenteen läpikulkuun simulointialueella.

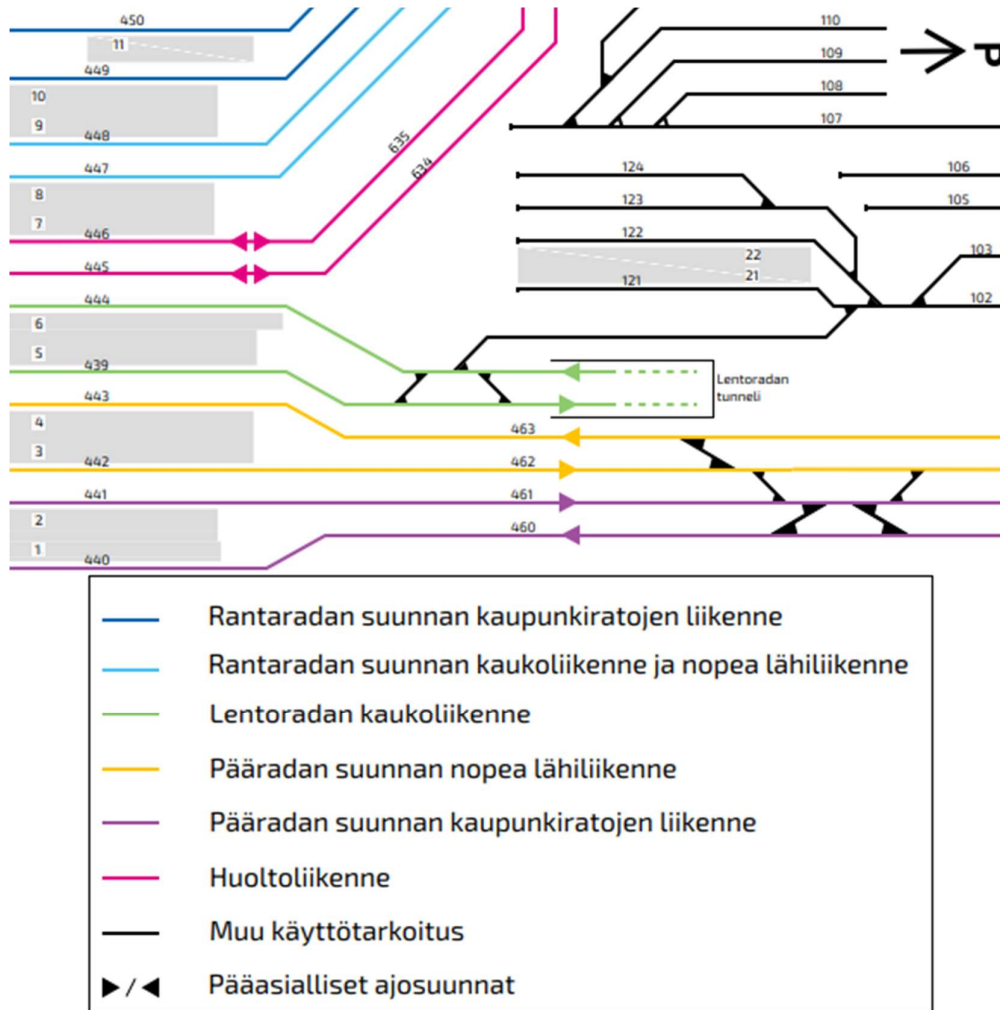
1.1 Tarkastelualue

Työn tarkastelualueena on Helsingin ja Tampereen välinen rataosuus, johon on oletettu infrastruktuurin kehittämistoimia luvun 1.1.1 mukaisesti. Tarkastelualueeseen on otettu mukaan myös Lahden ja Turun suunnan liikenteet Helsingin ja Pasilan välisen raiteistonkäytön varmistamiseksi. Selvityksessä ei tarkastella kaupunkiratojen liikennettä.

1.1.1 Oletettu infrastruktuurin kehitys

Lentorata

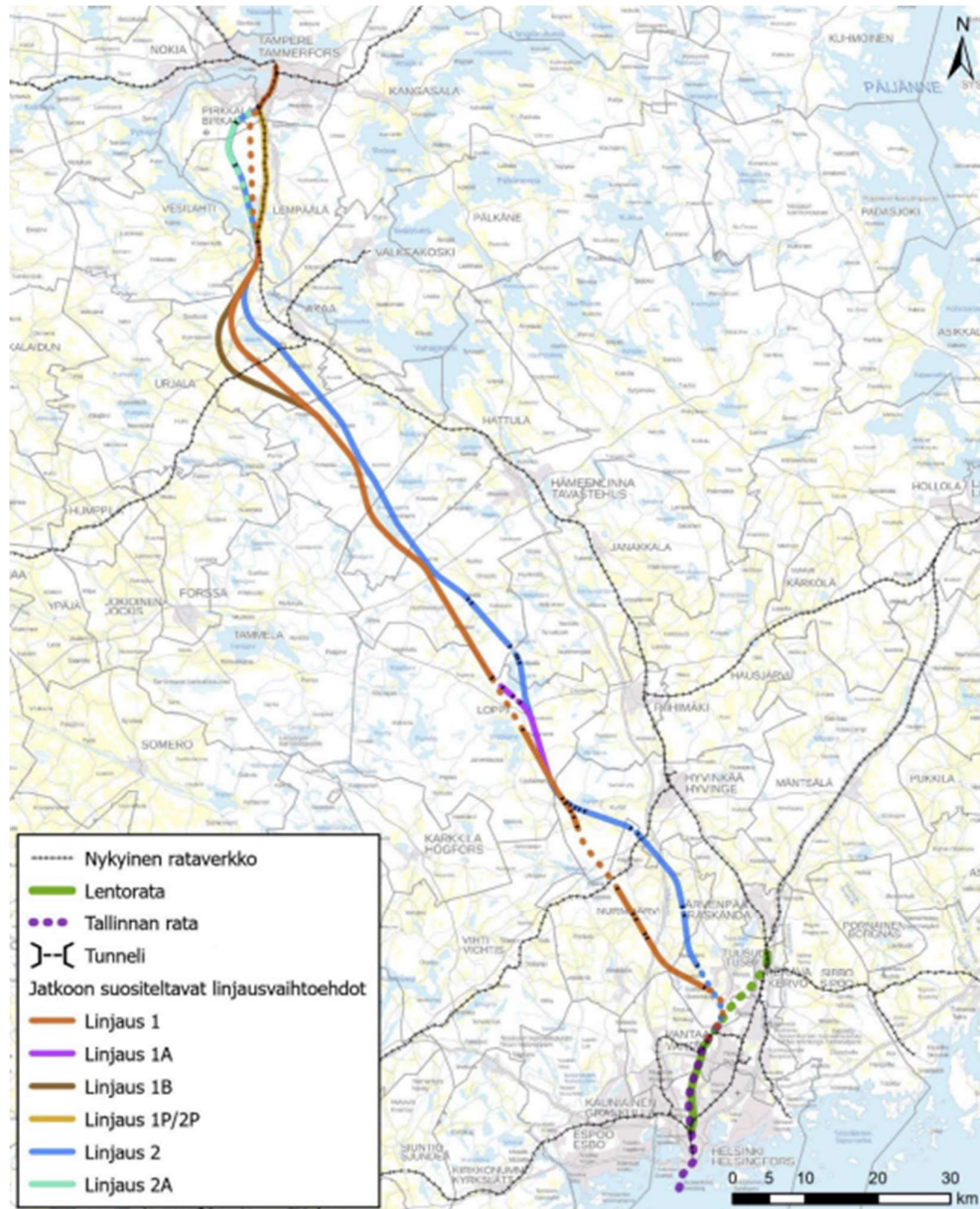
Pääradalle on tässä työssä oletettu toteutetuksi Lentorata, joka erkaanee nykyisestä pääradasta Pasilan pohjoispuolella ja kulkee tunnelissa Helsinki–Vantaa lentoaseman kautta Kytömaalle ja liittyy nykyiseen rataverkkoon. Lentoradan tunnelin on oletettu nousevan pintaan Pisara+ -selvityksen ja jatkoselvityksen (Väylävirasto 2022) mukaisesti nykyisen radan länsipuolella, kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Pasilan pohjoispuolelle tarkasteltu infrastruktuuri ja raiteistonkäyttö (Väylävirasto & HSL 2022).

Suurnopeusrata ja sen liittyminen Lempäälässä nykyiseen rataverkkoon

Lentoradan lisäksi oletetaan toteutetuksi uuteen ratakäytävään suurnopeusrata Helsinki–Vantaan lentoaseman ja Tampereen välille. Työssä ei ole tarkasteltu yksityiskohtaisesti suurnopeusradan liittymistä Tampereen eteläpuolella nykyiseen rataverkkoon, vaan on oletettu, että liittyminen tulee olemaan Lempäälän eteläpuolella ja Lempäälän ja Tampereen välillä rata olisi neliraiteista (kuva 2).



Kuva 2. Suurnopeusratalinjausvaihtoehdot (Suomirata 2022b).

Pasila–Riihimäki 2. vaihe

Pasila–Riihimäki-välille oletetaan toteutetuksi lisäraiteet Kerava–Järvenpää ja Järvenpää–Jokela-väleille, jolloin Keravan ja Jokelan välille muodostuu noin 20 kilometriä pitkä neliraiteinen rataosuus. Hanke on käynnissä ja valmistuessaan Helsingin ja Jokelan välillä on koko matkalta vähintään neljä raidetta. (Väylävirasto n.d.) Pasila–Riihimäki-hankkeen kolmatta vaihetta, eli Jokela–Riihimäki-välin neliraiteisuutta ei ole tässä työssä oletettu toteutetuksi.

Vaihdemuutokset Helsingin ja Pasilan välillä

Helsingin ja Pasilan välille on oletettu muutamia vaihdemuutoksia Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen mukaisesti. Vaihdemuutokset on esitetty liitteessä 3.

Varikkokokonaisuus

Kaupunkiratojen liikenteen osalta on oletettu, että Lähiliikennealueen varikkoselvityksen (Väylävirasto 2020) mukaiset uudet kaupunkiratojen liikenteen varikot on toteutettu. Uudet varikot olisivat Kehäradan varrella, Keravalla ja Espoon kaupunkiradan päässä. Kaupunkiratojen liikenteen kaluston päivittäishuolto ja seisotus siirtyisi näille varikoille. Varikkoselvityksessä on esitetty tarkempia sijainteja varikoille. Tämän selvityksen puitteissa varikoiden tarkalla sijainnilla ei ole merkitystä.

Digirata

Digiradalla tarkoitetaan tässä työssä yleisesti eurooppalaiseen junakulunvalvonnan järjestelmää ERTMS, joka on tarkoitus ottaa Suomessa vähitellen käyttöön vuosien 2025–2040 välillä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2021). Tämän järjestelmän kulunvalvontaa vastaava osa ETCS korvaa nykyisen kansallisen junakulun valvonnan (JKV) vaiheittain. Tämän työn aikajänteen puitteissa muutostyön oletetaan toteutuneen työssä tarkasteltavilla rataosuuksilla. Suurin merkitys Digiradalla työn tulosten kannalta on Helsinki–Pasila-radan simulointiosuudessa, jossa Helsingin ratapihan raideosuudet on voitu määritellä uudelleen siten, että ne palvelevat mahdollisimman hyvin tiheää junaliikennettä.

Turun Tunnin juna

Turun suunnan junia ei tässä työssä erikseen suunnitella, vaan junien aikataulurakenne on sama kuin Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksessä (Väylävirasto & HSL 2022). Turun tunnin junan on oletettu toteutuneen suunnitellun mukaisesti: uusi ESA-rata erkanee yleissuunnitelman mukaisesti rantaradasta Espoon ja Kauklahden välillä ja liittyy nykyiseen Rantarataan Salon itäpuolella. Lisäksi on oletettu Salo–Kupittaa-kaksoisraide toteutetuksi, kuten myös Kupittaan ja Turun välinen kaksoisraide, jonka rakennustyöt ovat jo käynnissä. Rantaradalla on oletettu valmistuneeksi Espoon kaupunkirata, jonka myötä Rantarata on neliraiteinen koko Pasilan ja Kauklahden välillä (neliraiteinen osuus päättyy nykyisin Leppävaaraan).

Kalusto-oletukset ja matka-ajat

Aikataulusuunnittelua varten on määritelty junille matka-ajat ja tätä kautta myös kalustotyyppit. Lähiliikenteen kalustotyyppi on oletettu Sm5-junan kaltaiseksi. Tampereen ja Lahden suuntien kaukoliikenteen matka-aikoina on käytetty nykyisiä ajoaikoja, joista on vähennetty Lentoradan tuoma 1–2 minuutin matka-aikasäästö. Suurnopeusradan junien matka-aika on 1 h 2 min 250 km/h nopeustasolla. Päärataa kulkevan kaukojunan matka-aika on 1 h 49 min. Simuloinnissa jouduttiin lisäämään Tampereen

suuntaan menevälle kaukojunalle 1 minuutti lisää ajoaikaa Helsingin ja Pasilan välille, joten tämän suunnan matka-aika on 1 h 50 min (luku 3.1). Lähiliikenteessä ja tavaraliikenteessä on Pääradan osalta hyödynnetty samoja matka-aikoja kuin Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksessä (Väylävirasto & HSL 2022) maksimiliikenteen mukaisesti.

1.2 Käytetyt työmenetelmät

Työn liikenteellisten tarkasteluiden, eli aikataulusuunnittelun ja simuloinnin periaatteet ja suunnitteluvaiheet on kuvattu seuraavassa. Tarkemmat suunnittelun aikana tehdyt huomiot ja työn tulokset kuvataan myöhemmissä luvuissa.

1.2.1 Aikataulusuunnittelun periaatteet

Aikataulusuunnittelussa on suunniteltu säännöllinen, tunnista toiseen samanlaisena toistuva liikenne rakenne. Ruuhka-aikojen ulkopuolella liikennetarjontaa on harvennettu ruuhka-aikojen tarjontaan nähden. Aikataulut on suunniteltu n. klo 5–23 välille, sillä työn pääpaino on ollut ruuhka-aikojen kapasiteetin varmistamisessa.

Kaukojunien aikataulusuunnittelussa on pyritty palvelutason kannalta järkevään vuorotarjontaan. Esimerkiksi suurnopeusradan junien vuoroväli on ruuhkatunneilla pyritty pitämään niin tasaisena, kuin ratakapasiteetin ja aikataulurakenteen kannalta on mahdollista. Tärkeä aikataulurakenteen suunnittelussa huomioitu asia on myös Tampereen ns. tasatuntisolmu: suuri osa kaukojunista saapuu Tampereelle nykyisin lähellä tasatuntia ja jatkaa eteenpäin tasatunnin jälkeen. Näin mahdollistetaan sujuvat vaihtoyhteydet kaikkiin suuntiin Tampereelta. Työssä on oletettu, että tämä käytäntö jatkuu myös tulevaisuudessa ja suuri osa kaukojunista on pyritty sovittamaan Tampereelle tämän käytännön mukaisesti.

Junavuorojen kääntöajat on pyritty Helsingissä määrittelemään niin, että kaukojunilla olisi vähintään 15 minuuttia kääntöaikaa normaalitilanteessa ja lähijunilla 10 minuuttia. Kalustokierto on suunniteltu niin, että kalusto on aina samalla reitillä, eli esim. suurnopeusradan junat kääntyvät vain suurnopeusradan junavuoroihin, eivät esim. Pääradalle meneviin vuoroihin.

Varikkosiirrot Helsingistä Ilmalaan ja Ilmalasta Helsinkiin on aikataulutettu ja suunniteltu. Kaluston on oletettu voivan seistä ja yöpyä Ilmalan lisäksi Turussa, Tampereella, Riihimäellä, Lahdessa ja Kouvolassa.

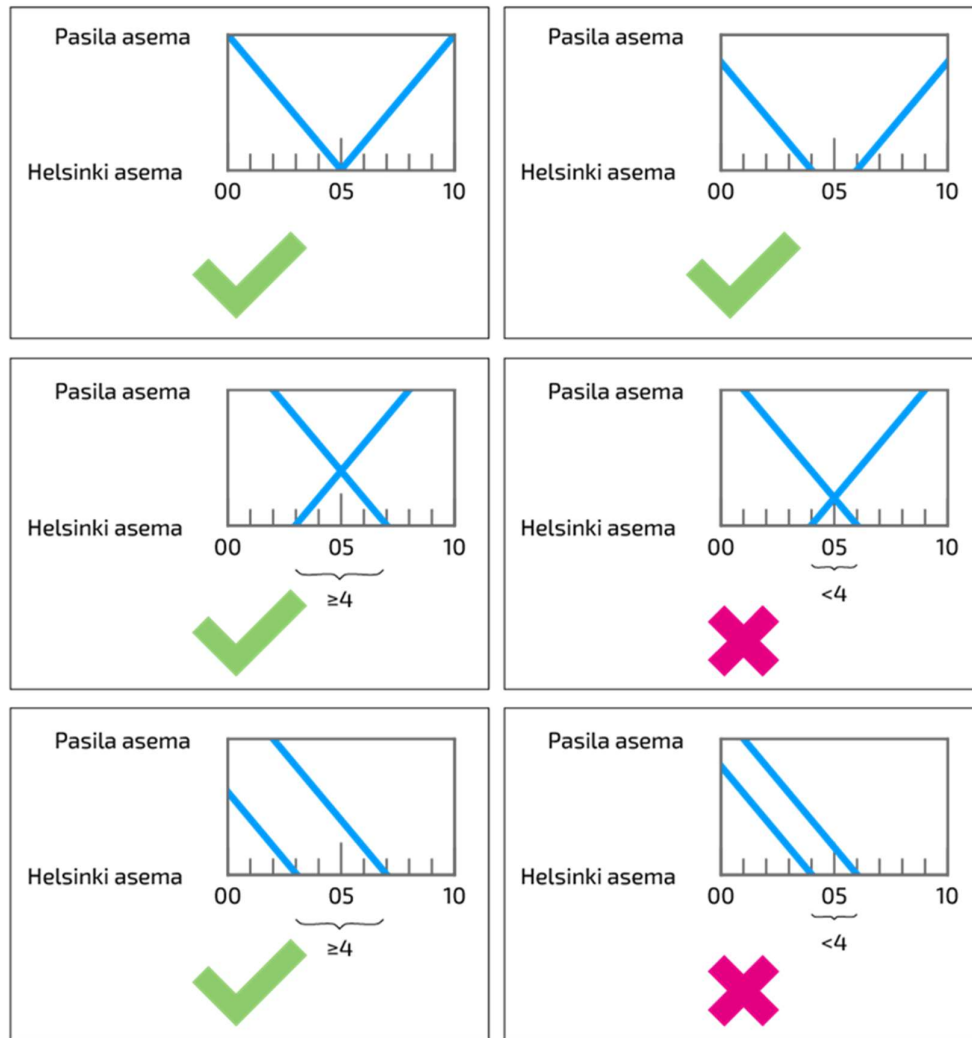
Turun suunnan junia ei ole erikseen tässä työssä aikataulusuunniteltu, vaan Turun ja Rantaradan aikataulurakenteen on oletettu olevan sama kuin Helsinki–Pasila kapasiteettiselvityksen oletusliikenteessä (Väylävirasto & HSL 2022). Turun suunnan junien varikkosiirrot ja Helsingin raiteistonkäyttö on kuitenkin otettu huomioon myös tässä työssä ja ne voivat poiketa yksittäisissä tilanteissa Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen

työstä, koska muukin kauko- ja lähiliikenne Helsingin ratapihalla poikkeaa em. selvityksessä tehdystä.

Raiteistonkäytön suunnittelu Helsingin ratapihalle

Työssä on varmistettu myös Helsingin laituriraidekapasiteetin riittävyys aikataulusuunnittelun ja simuloinnin avulla. Junille on aikataulusuunnitteluvaiheessa määritetty Helsingin ratapihalla laituriraiteet. Näin on varmistuttu, että suunniteltu aikataulurakenne on varmasti toteutuskelpoinen. Raiteistonkäytön suunnittelua on tehty myös iteratiivisesti aikataulusuunnittelun ja simuloinnin työvaiheiden kesken ja simulointivaiheessa on tehty tarvittaessa yksittäisiä muutoksia liikenteen sujuvoittamiseksi. Raiteistonkäytössä on huomioitu myös Ilmalan ja Helsingin väliset kalustosiirrot, jotka painottuvat aamuruuhkan päättymisajankohtaan (klo 9 eteenpäin), iltapäivän ruuhkan alkamisajankohtaan (n. klo 14 eteenpäin) ja illan ruuhkan purkuun (n. klo 18 eteenpäin).

Helsingin raiteistonkäytössä on huomioitava niin kauko- kuin lähiliikenteessäkin ns. *neljän minuutin sääntö*. Kyseessä on käytännön ohje, joka on perustellusti todettu tarpeelliseksi ratapihan toiminnallisuuden varmistamiseksi. Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksessä neljän minuutin sääntöä on selitetty seuraavasti: *junat on suunniteltava siten, että joko Helsinkiin saapuu ja Helsingistä lähtee juna samalla minuutilla tai Helsingistä lähtevän junan jälkeen on oltava vähintään neljä minuuttia aikaa ennen kuin Helsinkiin saapuu juna. Lisäksi on huomioitava, että tiheästi suojastetulla radalla (jollaista koko Helsingin seutu on) on peräkkäin ajavien junien välisen ajan oltava vähintään neljä minuuttia, jotta liikennöinti on sujuvaa.* (Väylävirasto & HSL 2022) Kuvassa 3 on pyritty havainnollistamaan säännön merkitystä erilaisissa esimerkkitalanteissa.



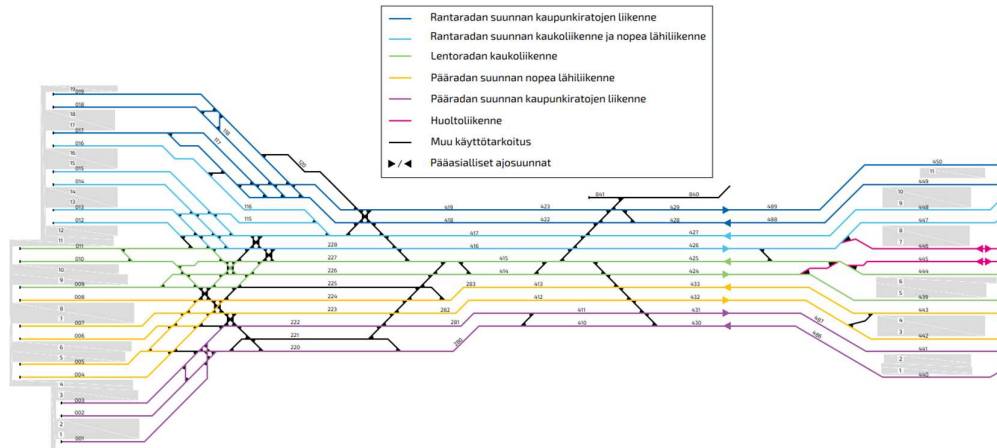
Kuva 3. Neljän minuutin säännön soveltamisesimerkkejä (Väylävirasto & HSL 2022).

Helsingin pään aikataulut on suunniteltu ns. raideryhmittäin: Pääradan liikenne muodostaa oman raideryhmänsä, samoin Rantaradan liikenne. Lisäksi kaupunkiratojen liikenteessä on omat raideryhmänsä Espoon ja Keravan kaupunkiradoilla (ei tarkastella tässä työssä). Kunkin raideryhmän junat voidaan suunnitella toisistaan riippumatta, sillä normaalitilanteessa eri raideryhmien junat eivät käytä toisen raideryhmän raiteita. Pääradan ja suurnopeusradan sekä Lahden suunnan junien näkökulmasta on siis huomioitava, että näiden kaikkien ratojen junat kuuluvat samaan Pääradan raideryhmään Helsingissä.

1.2.2 Simuloinnin periaatteet

Työssä tarkastellaan simuloimalla Helsingin ja Pasilan asemien toimivuutta sekä näiden välistä liikennettä (kuva 4). Simulointimallina käytetään Väyläviraston teettämän Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen mukaista infraratkaisua (perusskenaario), jossa on otettu huomioon

tulevien suurten ratahankkeiden tuomia sekä liikenteen toimivuuden kannalta oleellisia pieniä inframuutoksia. Nämä inframuutokset on edellä mainitussa selvityksessä todettu tarpeellisiksi, vaikka suuria ratahankkeita ei rakennettaisi. (Väylävirasto & HSL 2022)



Kuva 4. Työssä simuloitu tarkastelualue. Kuvassa vasemmalla Helsingin asema, oikealla Pasilan asema. (Väylävirasto & HSL 2022) Tarkempi kuva liitteessä 3.

Käytettävä simulointiohjelmisto on ViaCon Consulting and Development GmbH:n kehittämä rautatieliikenteen mikrosimulointiohjelmisto LUKS. Ohjelmistolla analysoidaan suunnitellun aikataulun toimivuutta tarkastelualueella sekä tutkitaan häiriötilanteiden vaikutuksia vakioaikataulun mukaiseen liikennöintiin. Ohjelmisto ottaa junaliikenteen mallintamisessa huomioon muun muassa junien pituuden, massan, veto- ja vastusvoimat sekä ETCS-kulunvalvonnan mukaiset jarrutuskäyrät.

Työssä suoritetaan perus- sekä häiriösimulointi suunnitellulle aikataulurakenteelle. Perussimuloinnilla nähdään yksityiskohtaisesti suunnitellun aikataulun toimivuus, jolloin varmistutaan ajoaikojen sekä varautumisvälien riittävydestä. Varautumisvälillä tarkoitetaan aikaa, jolloin tietty rai-deosuus on vapaana kulunvalvonnan varauksista. Tällä varmistetaan, että aikataulu on tarpeeksi joustava häiriötilanteissa junakohtaisella tasolla. Tavoiteltavana varautumisvälinä käytetään Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen mukaista 0,5–1 minuutin mittaista aikaa (Väylävirasto & HSL 2022).

Häiriösimulointi suoritetaan perussimuloinnin jälkeen. Häiriösimuloinnissa jaetaan simulointimalliin saapuville junille myöhästymistilastojen mukaiset satunnaisviiveet. Satunnaisviiveillä mallinnetaan tilanteita, jolloin junat eivät kulje tarkalleen suunnitellun aikataulun mukaisesti, vaan ovat syystä tai toisesta viivästyneet tarkastelualueelle saapuessaan. Simulointiohjelmisto pyrkii ratkaisemaan viivästymisistä johtuvat junien väliset konfliktitilanteet junien uudelleenreitityksillä tai viivästyttämällä pienemmän prioriteetin junia.

2 AIKATAULUSUUNNITTELU

Aikataulusuunnittelusta käsitellään tässä luvussa junamäärät, keskeisimmät huomiot ja suunnitteluun vaikuttaneet reunaehdot. Tarkemmat aikataulugrafiikat löytyvät liitteestä 1.

2.1 Junamäärät ja junien pysähtymiskäyttäytymiset eri rataosuuksilla

Junamäärät tarkastelualueen eri rataosuuksille määriteltiin yhdessä tilaajan sekä Väyläviraston kanssa soveltaen Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen (Väylävirasto & HSL 2022) junamääriä ja Suomiradan linjausvaihtoehtojen vertailu -selvitystä (2022a). Junamäärät määriteltiin sekä ruuhkatunnille että ruuhkatunnin ulkopuolelle, ja aikataulusuunnittelu tehtiin noin klo 5–23 väliselle ajalle.

Suurnopeusradalle suunniteltiin kaksi nopeaa Helsingin ja Tampereen välistä henkilöjunaa / ruuhkatunti / suunta. Suurnopeusradan junat pysähtyvät vain Helsingissä, Pasilassa ja Tampereella. Helsinki–Tampere-välin pääradalle suunniteltiin yksi kaukojuna / ruuhkatunti / suunta ja junan pysähdyspaikat ovat Helsinki, Pasila, Riihimäki, Hämeenlinna, Toijala, Lempäälä ja Tampere.

R-lähijunia suunniteltiin neljä kappaletta / tunti / suunta, joista kaksi vuoroa päättyy Järvenpäähän, yksi Riihimäelle ja yksi Tampereelle. R-lähijunat pysähtyvät samoilla asemilla kuin nykyisinkin.

Pääradalle suunniteltiin em. vuorojen lisäksi myös kaksi Helsinkiin menevää yöjunaa aamuun sekä kaksi Tampereen suuntaan menevää yöjunaa iltaan, ja Turun ja Tampereen välinen yksi kaukojuna tunnissa. Lisäksi Tampereen ja Kytömaan välille suunniteltiin yksi tavarajuna tunnissa.

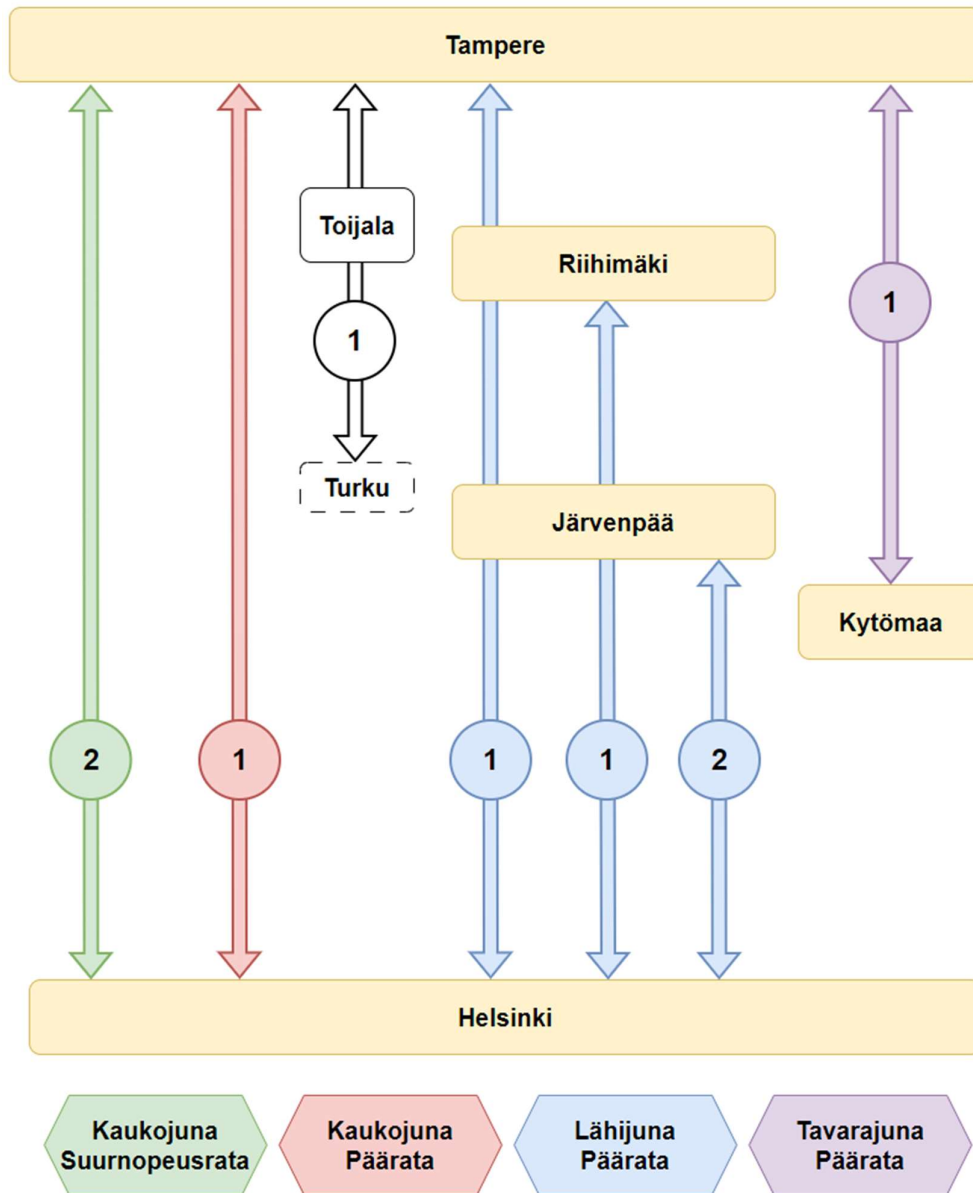
Selvityksessä suunniteltiin mukaan kokonaisuuteen myös Lahden suunnan matkustajajunat, jotta Helsinki–Pasila-välin kapasiteetin tarkastelu olisi mahdollista. Lahden suuntaan suunniteltiin yksi kaukojuna ja yksi kansainvälinen Allegro-juna / ruuhkatunti / suunta. Allegron aikataululla on mahdollista ajaa myös kotimaan junavuoroja, mikäli Pietarin suunnan liikenne ei palaudu Ukrainan sotaa edeltävään tilanteeseen. Lisäksi suunniteltiin kaksi Z-lähijunavuoroa / ruuhkatunti / suunta, joista toinen vuoro päättyy Lahteen ja toinen Kouvolaan.

Kaikki kaukojunat käyttävät Lentorataa ja kaikki lähijunat sekä yöjunat kulkevat nykyistä Päärataa.

Rantaradan ja Turun suunnan junamäärissä ja aikataulurakenteessa hyödynnettiin suoraan Helsinki–Pasila kapasiteettiselvityksen oletusskenaariota. Taulukossa 1 on kootusti esitetty kunkin suunnan junamäärät. Kuvassa 5 on esitetty ruuhkatunnin junat Helsinki–Tampere-välillä.

Taulukko 1. Työssä tarkasteltavat junamäärät eri rataosuuksilla.

Yhteysväli	Junamäärä / ruuhkatunti / suunta	Junamäärä ruuhkatuntien ulkopuolella / suunta
Helsinki–Tampere	Suurnopeusrata: 2 kaukojuna Päärata: 1 kaukojuna, 4 R-lähijunaa (joista 2 Järvenpäähän, 1 Riihimäelle, 1 Tampereelle) Turku–Tampere: 1 kaukojuna 1 tavarajuna Tampere–Kytömaa-välille	Suurnopeusrata: 1 kaukojuna Päärata: 1 kaukojuna, 4 R-lähijunaa (joista 2 Järvenpäähän, 1 Riihimäelle, 1 Tampereelle) Turku–Tampere: 1 kaukojuna 1 tavarajuna Tampere–Kytömaa-välille Lisäksi 2 yöjunaa aamulla ja 2 yöjunaa illalla
Helsinki–Lahti–Kouvola	1 kaukojuna ja 1 Allegro 2 Z-lähijunaa (joista toinen Lahteen ja toinen Kouvolaan)	1 kaukojuna ja 1 Allegro 1 Z-lähijuna (Kouvolaan)
Helsinki–Turku	1 express-juna ja 1 kaukojuna 4 Kirkkonummen lähijunaa 2 Lohjan/Vihti-Nummelan lähijunaa	1 kaukojuna 2 Kirkkonummen lähijunaa 2 Lohjan/Vihti-Nummelan lähijunaa



Kuva 5. Ruuhkatunnin junamäärät suunnittain Helsinki–Tampere-välillä.

2.2 Aikataulusuunnittelun havaintoja

Suurnopeusradan ja Pääradan kaukojunat

Suurnopeusradan kaksi junaa tunnissa suunniteltiin niin, että toinen junista on Tampereen ns. tasatuntisolmun aikaan Tampereella. Hitaampi, Päärataa kulkeva kaukojuna suunniteltiin myös lähelle Tampereen tasatuntisolmua, samoin Turusta Tampereelle kulkeva IC. Näin pyrittiin varmistamaan hyvin toimiva palvelutaso ja sujuvat vaihtoyhteydet muihin kaupunkeihin. Niin suurnopeusradan kuin Pääradan ja Lahden suunnan kaukojunat käyttävät Lentorataa, joten näiden suunnittelussa tulee

huomioida, että kaukojunien vuoroväli Lentoradalla tulee olla vähintään 4 minuuttia.

Koska suurnopeusradan junien matka-aika on huomattavasti Päärataa käyttävää IC-junaa nopeampi (matka-aikaero 47–48 minuuttia), on aikataulurakenteen suunnittelussa huomioitava, miten eri nopeudella kulkevat kaukojunat sopivat Lentoradalle ja Helsingin ja Pasilan välille ilman konflikteja. Kun suurnopeusradan juna sovitettiin Tampereen tasatuntisolmuun, aiheutti se reunaehdoja hitaamman IC-junan aikataululle: Pääradan IC ei voi lähteä heti 4 minuuttia suurnopeusjunan perään Tampereelta, koska silloin se olisi täsmälleen samaan aikaan tuntia myöhemmin Tampereelta lähteneen suurnopeusjunan kanssa Pasilan ja Helsingin välillä. IC-juna voi siis lähteä Tampereelta vasta 7 minuuttia suurnopeusradan junan perään, jotta Helsingin pään konfliktilta vältytään.

Lisäksi suurnopeusradan junan on lähdettävä Helsingistä 6 minuuttia ennen tasatuntia (klo xx.54), jotta se ehtii kahta minuuttia ennen tasatuntia Tampereelle. Tämä taas rajoittaa myös IC-junan aikataulumahdollisuuksia, sillä luvussa 1.2.1 esitetyn neljän minuutin säännön mukaisesti saapuva ja lähtevä saman raideryhmän juna ei voi olla alle 4 minuutin välein Helsingissä. IC-juna voi siis saapua Helsinkiin klo xx.58, mutta ei aiemmin, jotta konflikteilta vältytään.

Edellä mainitut reunaehdot huomioiden suurnopeusradan junien vuoroväli on Tampereen suunnasta Helsinkiin lähdettäessä melko tasainen 28/32 minuuttia. Sen sijaan Helsingistä Tampereen suuntaan vuoroväli on 18/42 minuuttia.

Lähijunat Tampereen ja Lahden suuntiin

R-lähijunille suunniteltiin tasainen 15 minuutin vuoroväli läpi päivän. R-junien suunnittelussa on tärkeää huomioida Järvenpään kääntöajan optimointi, sillä Järvenpäässä lähijunat joudutaan kääntämään linjaraiteilla. Molemmilla lähiliikenteen raiteilla ja pohjoiseen menevällä kaukoliikenteen raiteella on matkustajalaiturit. Junan käännön aikana yksikkö varaa jonkin näistä raiteista. Aikataulusuunnittelun yhteydessä on todettu, että lähijunat kannattaa suunnitella siten, että junan käännön aikana Järvenpää ei ohita muita lähijunia, koska pidempi kääntö kaukoliikenteen raiteilla rajoittaisi liikaa kaukoliikenteen suunnittelun mahdollisuuksia.

Neljästä tunnitaisesta R-junasta yksi jatkaa Tampereelle asti. Koska Pääradan kapasiteetti on erityisesti Tampereen tasatuntisolmun ympärillä rajallista, määrittelee Tampereelle asti kulkeva R-juna pitkälti sen, miten muut Riihimäelle ja Järvenpäähän päättyvät R-junavuorot voidaan ajaa 15 minuutin tasaisella vuorovälillä. Tampereen R-juna saapuu tässä työssä suunnitellussa aikataulurakenteessa Tampereelle klo xx.16 ja R-juna lähtee Tampereelta Helsinkiin klo xx.22. Sama kalustoyksikkö ei siis välttämättä ehdi kääntyä Tampereelta takaisin heti saman tunnin vuoroon, koska kääntöaika olisi Tampereella vain 6 minuuttia. Helsingissä raidekapasiteettia ei sen sijaan ole mahdollista varata kovin pitkään ja kääntöaika R-junille on melko optimaalinen, 11 minuuttia.

Koska R- ja Z-lähijunat käyttävät samoja raiteita Helsingin ja Kytömaan välillä, on näiden liikenne suunniteltava niin, että vuorojen väliin jää vähintään 4 minuuttia. Z-lähijunia suunniteltaessa on huomioitava R-junien lisäksi myös Kytömaa–Lahti–Kouvola–välin kapasiteetti. Rataosuus on kaksiraiteista, mutta rataa käyttävät melko hitaiden lähijunien lisäksi nopeat kaukojunat.

R- ja Z-junien kalustoyksiköiden tarvetta on pienennetty ruuhka-aikojen ulkopuolella n. klo 10–14 ja klo 19 alkaen. Käytännössä lähijunat ajetaan ruuhka-aikoina kahden yksikön kokonaisuuksina, mutta ruuhka-aikojen ulkopuolella 1-yksikköisinä. Tämä muutos vaikuttaa Helsingissä raiteistonkäyttöön ja varikkosiirtoihin. Varikkosiirrot on esitetty raiteistonkäytön yhteydessä W-tunnuksella liitteessä 2.

Yöjunat ja tavarajunat

Aikataulurakenteeseen suunniteltiin kaksi pohjoisesta tulevaa yöjunaa aamuun ja kaksi Helsingistä pohjoiseen lähtevää yöjunaa iltaan. Yöjunat käyttävät Pasilan autojuna-aseman ja Pasila aseman välillä Lentoradalle johtavia raiteita. Täten yöjunat on sovitettava kokonaisuuteen niin, että ne eivät ole konfliktissa Lentoradan kaukojunien kanssa. Yöjunan matka-aika on myös pidempi kuin esimerkiksi R- ja Z-lähijunien, joten illalla Helsingistä lähteviä yöjunia on laitettu seisomaan Tikkurilaan n. 11 minuutiksi, jotta nopeammat lähijunat pääsevät ohi. Vastaavasti samasta syystä aamulla toinen yöjuna seisoo Riihimäellä n. 20 minuuttia, jotta sille jää riittävästi tilaa kulkea aamuruuhkassa Riihimäen ja Pasilan välillä. Yöjunien yhteensovittaminen muuhun liikenteeseen vaatii myös yksittäisen tavarajunan perumisen illasta.

Tavarajunia on suunniteltu Tampereen ja Keravan välille yksi juna / tunti / suunta. Koska Tampereen ja Lempäälän välillä on neliraiteinen osuus ennen kuin suurnopeusrata erkanee omaksi rataosuudekseen, mahdollistaa se melko hyvät kulkumahdollisuudet tavarajunille myös ruuhka-aikaan. Lisäksi tavarajunien aikataulusuunnittelussa on huomioitava, että tavarajunilla ei ole käytännössä Riihimäen eteläpuolella pysähtymismahdollisuuksia. Kytömaan kohdalla on huomioitava, että pohjoiseen menevä tavarajuna joutuu risteämään pohjoiseen menevän lähiliikenteen kanssa, ja etelään menevä tavaraliikenne joutuu risteämään pohjoiseen menevän lähiliikenteen ja etelään menevän Pääradan kaukoliikenteen kanssa. Jos tavarajuna joutuu tulemaan lähiliikenteen raidetta Kytömaalle, risteää se lisäksi vielä Pääradan lähiliikenteen kanssa. Edellä mainituin reunaehdoin tavarajunia on saatu suunniteltua joka tunnille vakioaikataululla, mutta Keravalta Tampereen suuntaan kulkeville tavarajunille on jouduttu suunnittelemaan pitkäkökö pysähdys Hämeenlinnaan (n. 40 min).

Lahden suunnan kaukojunat

Lahden suunnan kaukojunat käyttävät samaa raideryhmää Helsingissä kuin suurnopeusradan ja Pääradankin junat. Tunnittaisen Lahden IC:n ja Allegron yhteensovittamisessa tulee huomioida niin Pääradan kuin

Lentoradankin kokonaisuus sisältäen myös R- ja Z-lähijunat. Z-lähijunien matka-aika on pidempi kuin kaukojunien, joten saman suunnan kahden kaukojunan vuorot on suunniteltava niin, että niiden ja Z-junan väliin jää riittävästi aikaa. Toisaalta R-junien tasainen 15 minuutin vuoroväli aiheuttaa omat reunaehdonsa Z-junien aikataulusuunnittelulle. Vuoroväli on kuitenkin saatu myös Z-junille tasaiseksi 30 minuutiksi (ruuhkatuntien ulkopuolella 1 h) ja tähän on yhteensovitettu IC- ja Allegro-junat niin, että myös Lentoradan liikenne toimii. Lahden ja Tampereen suunnan liikenteen yhteensovittaminen aiheuttaa sen, että Lentoradalla suurnopeusradan juna ja Allegro kulkevat 4 min välillä toisistaan.

3 SIMULOINTITARKASTELUT

Simulointitarkasteluissa käsitellään perus- ja häiriösimuloinnin havainnot ja tavoiteltuihin reunaehtoihin tehty poikkeukset. Lisäksi käydään läpi raiteistonkäytön toimivuuden tarkastelun periaatteet sekä huomiot.

3.1 Perussimulointi

Suunnitellun aikataulurakenteen toimivuus varmistettiin Helsinki–Pasila-välin osalta simuloimalla. Simulointiohjelmiston yksityiskohtaisen varaus-aikakaavion perusteella varmistettiin, että junien väliset varautumisvälit ovat riittävät tarkastelualueella ja etteivät junat lähtökohtaisesti käytä samoja kulkureittejä samaan aikaan. Valtaosa päällekkäisyyksistä saatiin ratkottua reitittämällä junat käyttämään järkeviä kulkureittejä. Pääsääntöisesti tavoiteltuun 0,5–1 minuutin varautumisväliin päästiin. Seuraavia säännöllisesti toistuvia poikkeuksia kuitenkin havaittiin:

- Helsingistä lähtevä Tampereen IC-juna oli yhtä aikaa Helsingin aseman vaihekujalla saapuvan suurnopeusjunan kanssa. Tilanetta ei saatu korjattua uudelleenreitityksillä, sillä nämä aiheuttivat muiden junien kanssa ristiinajoja. Tilanne korjattiin aikaistamalla IC:n lähtöaikaa Helsingistä yhdellä minuutilla ja vastaavasti pysähtymällä Pasilassa minuutin pidempään. Näin juna saatiin linjalle lähtemään alkuperäisen aikataulun mukaan, jolloin simulointialueen ulkopuoliseen liikenteeseen ei aiheutunut muutostarpeita. Tilanne toistui säännöllisesti, jolloin vastaava muutos tehtiin jokaiselle Tampereen IC-junalle.
- Peräkkäin ruuhkatuntien aikana kulkevien suurnopeusjunien sekä Allegrojen välinen varautumisväli oli noin 25 sekuntia Pasilan asemalla pohjoisen suunnasta saapuessa.
- Osan ruuhkatunteina liikennöivistä 2 yksikköisistä R-junista väliin jää noin 25 sekuntia. Esiintyy tilanteessa, jossa R-juna on lähtenyt Helsingin asemalta ja seuraava R-juna saapuu samalle raiteelle linjalta.

Poikkeuksia oli kuitenkin liikennemäärään verrattuna vähän ja ero tavoiteltuun varautumisväliin pieni. Näiden ei oletettu olevan häiriösimuloinnin tuloksiin merkittävä tekijä.

Perussimuloinnin yhteydessä tarkasteltiin myös Helsingin aseman raiteistonkäytön toimivuus. Alustava raiteistonkäyttösuunnitelma vietiin simulointimalliin, jonka jälkeen mahdolliset päällekkäisyydet varikkosiirtojen tai linjaliikenteen kanssa korjattiin ja simuloinnissa huomautetut muutostarpeet päivitettiin raiteistonkäyttösuunnitelmaan.

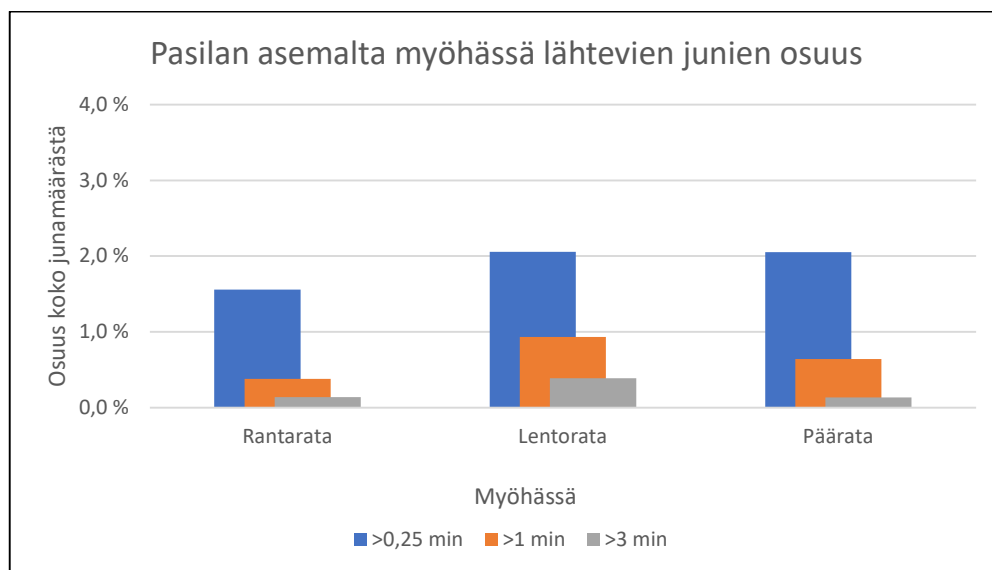
Toimivaksi todettu raiteistonkäyttö oli seuraavanlainen: R-junat käyttävät pääsääntöisesti raidetta 4, Z-junat raidetta 5, Lahden IC-junat

raidetta 6, suurnopeusjunat raiteita 7 ja 8, yöjunat raidetta 8, Tampereen IC-junat raiteita 10 ja 11 sekä Allegrot raidetta 12. Raide 13 on jätetty vapaaksi häiriötilanteiden varalta. Kaupunkiliikenne käyttää raiteita 1–3 sekä 17–19 ja Rantaradan liikenne käyttää raiteita 14–16.

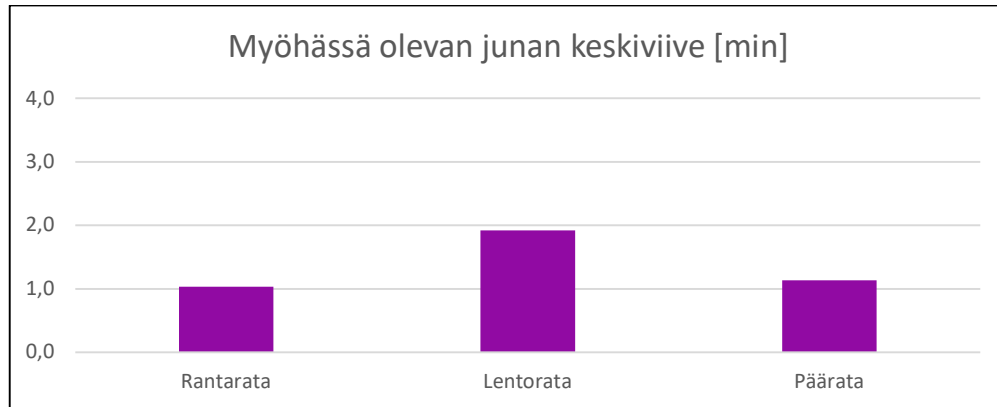
Raiteistonkäyttösuunnitelma sisältää edellä mainittujen lisäksi joitain poikkeuksia, joita on jouduttu tekemään liikenteen toimivuuden varmistamiseksi. Esimerkiksi R-junien kalustolyhennysten ja -pidennysten yhteydessä on jouduttu käyttämään raidetta 6 tiheiden lähtö- ja saapumisaikojen takia. Tarkka raiteistonkäyttösuunnitelma löytyy liitteestä 2.

3.2 Häiriösimulointi

Häiriösimuloinnin avulla tarkasteltiin liikennerakenteen toimivuutta ruuhkaisella Helsingin ja Pasilan välisellä osuudella. Tarkasteltavina tunnuslukuina käytettiin Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen mukaisesti Pasilasta pohjoiseen myöhässä lähtevien junien osuutta kokonaisjunamäärästä sekä myöhässä olevien junien keskiviivettä (Väylävirasto & HSL 2022). Luvut jaettiin ratakohtaisesti Rantarataa, Lentorataa ja Päärataa käyttävään liikenteeseen. Myöhästyneiden junien osuuksissa on eritelty junat rataosuuksien lisäksi myös myöhästymisen pituuden mukaan. On syytä huomata, että pienemmät myöhästymisrajat sisältävät kaikki rajaa pidemmät myöhästymiset. Esimerkiksi Lentoradan 0,4 % myöhästymisosuus yli 3 minuuttia myöhässä olevista junista sisältyy myös yli 0,25 minuuttia sekä yli 1 minuuttia myöhässä oleviin. Kaikkien myöhässä olevien junien määrän voi siis suoraan lukea 0,25 minuutin myöhästymisen kohdalta. (Kuva 6, kuva 7)



Kuva 6. Pasilasta pohjoiseen myöhässä lähtevien junien osuus koko junamäärästä.



Kuva 7. Pasilasta pohjoiseen myöhässä lähtevien junien keskiviive.

Häiriösimuloinnin tulokset ovat suuruusluokaltaan linjassa aikaisempien häiriösimulointien kanssa (Väylävirasto & HSL 2022), eikä erityisiä ongelmakohtia havaittu. On kuitenkin syytä huomata, että suurnopeusradan muutosten takia liikennetäyttö on suunniteltu uudestaan, joten tulokset eivät täten ole täysin Helsinki–Pasila-kapasiteettiselvityksen kanssa vertailukelpoiset.

4 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä selvityksessä tarkasteltiin Suomiradan suurnopeusratavaihtoehdon junamääriä ja aikataulurakennetta. Tavoitteena oli selvittää, onko suurnopeusradan ja Pääradan muodostama kokonaisuus ratakapasiteetin näkökulmasta toimiva niillä junamäärillä, mitä asiantuntijaryhmän arvioiden perusteella tarvitaan. Aikataulusuunnittelun ja simuloinnin avulla selvityksessä on päädytty siihen, että kaksi suurnopeusradan junaa, yksi Pääradan kaukojuna, neljä R-lähijunaa ja yksi tavarajuna tunnissa suuntaansa on mahdollista toteuttaa, kun Suomiradan suurnopeusrata, Pasila–Riihimäki 2. vaihe ja Digirata on toteutettu. Tarkastellut junamäärät eivät vaadi Pasila–Riihimäki 3. vaiheen toteuttamista. Aikataulusuunnittelussa on suunniteltu myös Lahden suunnan kauko- ja lähijunat, ja Helsingin raiteistonkäytön suunnittelussa ja simuloinnissa on tarkasteltu myös Turun suunnan junien aikataulurakenne sekä Ilmalan ja Helsingin väliset varikkosiirrot.

Perussimuloinnin osalta liikennetietokone on todettu toimivaksi. Reunaehdoista poikkeavia tilanteita havaittiin vähän ja näiden ero reunaehtoihin oli pieni. Nämä poikkeukset eivät myöskään heijastuneet häiriösimulointiin, vaan myöhästymismäärät olivat maltillisia. Häiriösimuloinnin myöhästymiset olivat jakautuneet tasaisesti eri ratojen välille eikä junatyypeittäin eriteltynä esiintynyt huomattavia piikkejä myöhästyneiden junien määrässä. Simulointitulosten perusteella suurnopeusradan mahdollistama junaliikenne mahtuu myös Helsinki–Pasila-välille aiheuttamatta liikenteellistä pullonkaulaa.

Suunniteltu raiteistonkäyttö todettiin simulointien avulla toimivaksi ja se ei aiheuta ongelmia liikennetietokoneeseen. Varikkosiirrot mahtuvat kulkemaan linjaliikenteen asettamien ehtojen mukaisesti ja raide 13 saatiin vapautettua kokonaan häiriötilanteisiin reagoitua varten.

Aikataulusuunnittelun sekä simulointitulosten perusteella suurnopeusratavaihtoehdolle on mahdollista suunnitella toimiva aikataulumalli ennustetuilla liikennemäärillä.

Lähdeluettelo

Liikenne- ja viestintäministeriö 2021. Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä. Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:17.

Suomirata 2022a. Suomiradan linjausvaihtoehtojen vertailu. Saatavilla: <https://suomirata.fi/wp-content/uploads/2022/09/Suomiradan-linjausvaihtoehtojen-vertailu.pdf> (viitattu 2.2.2023).

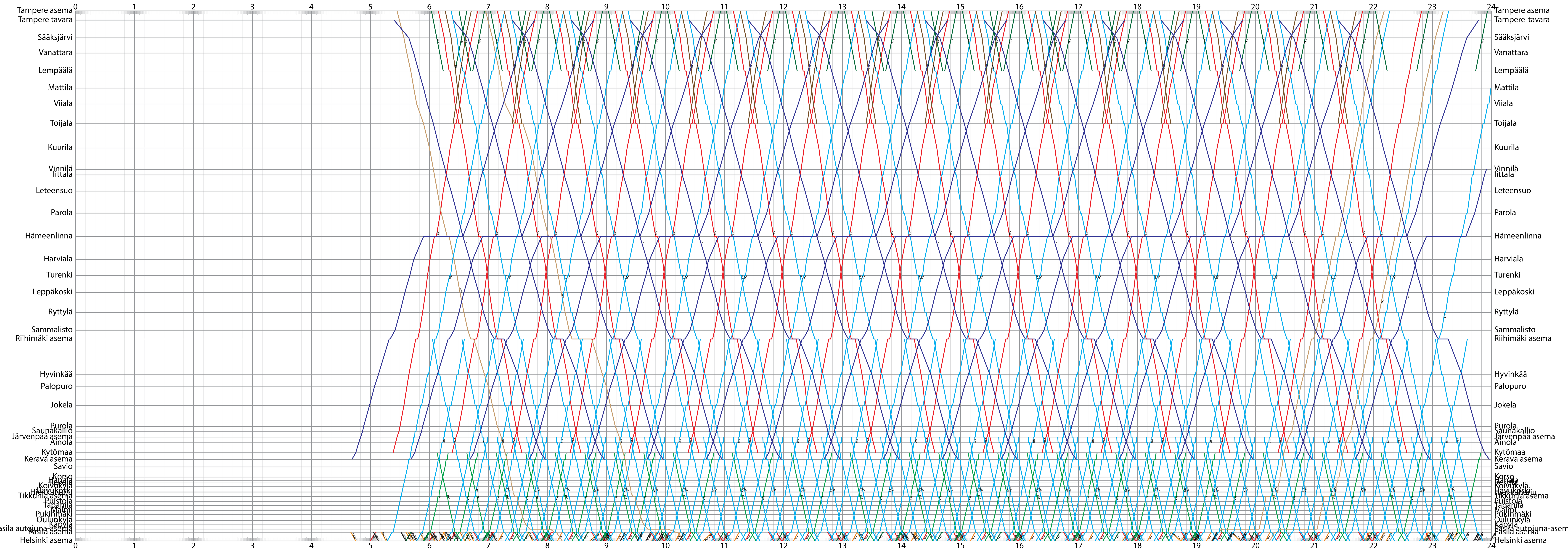
Suomirata 2022b. Suurnopeusradan pääsuuntaselvitys Vantaa–Tampere. Saatavilla: https://suomirata.fi/wp-content/uploads/2022/10/Suomirata_Suurnopeusradan-paasuuntaselvitys_Vantaa-Tampere_RevB.pdf (viitattu 2.2.2023)

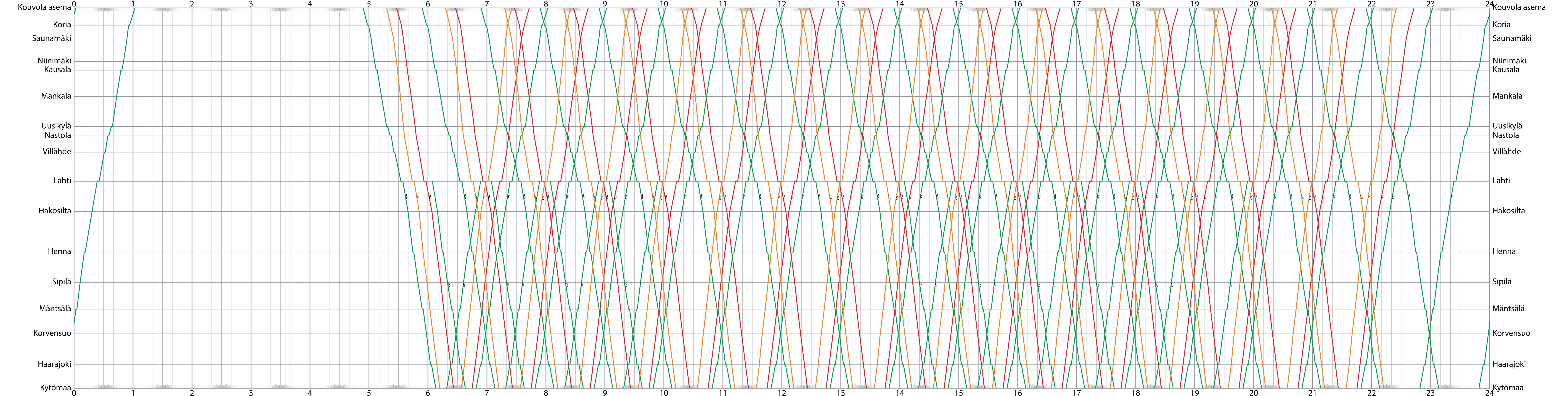
Väylävirasto 2020. Lähijunaliikennealueen varikkoselvitys. Väyläviraston julkaisuja 25/2020.

Väylävirasto 2022. Lentoradan linjausvaihtoehtojen tarkastelut. Ei julkisesti saatavilla.

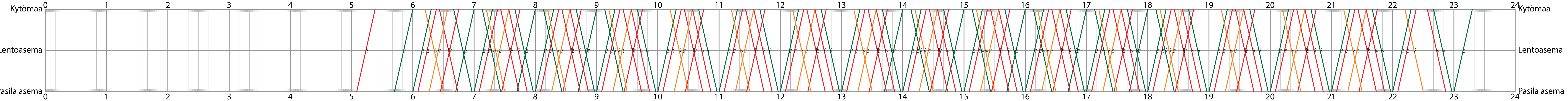
Väylävirasto & HSL 2022. Helsinki–Pasila kapasiteettiselvitys. Väyläviraston julkaisuja 73/2022.

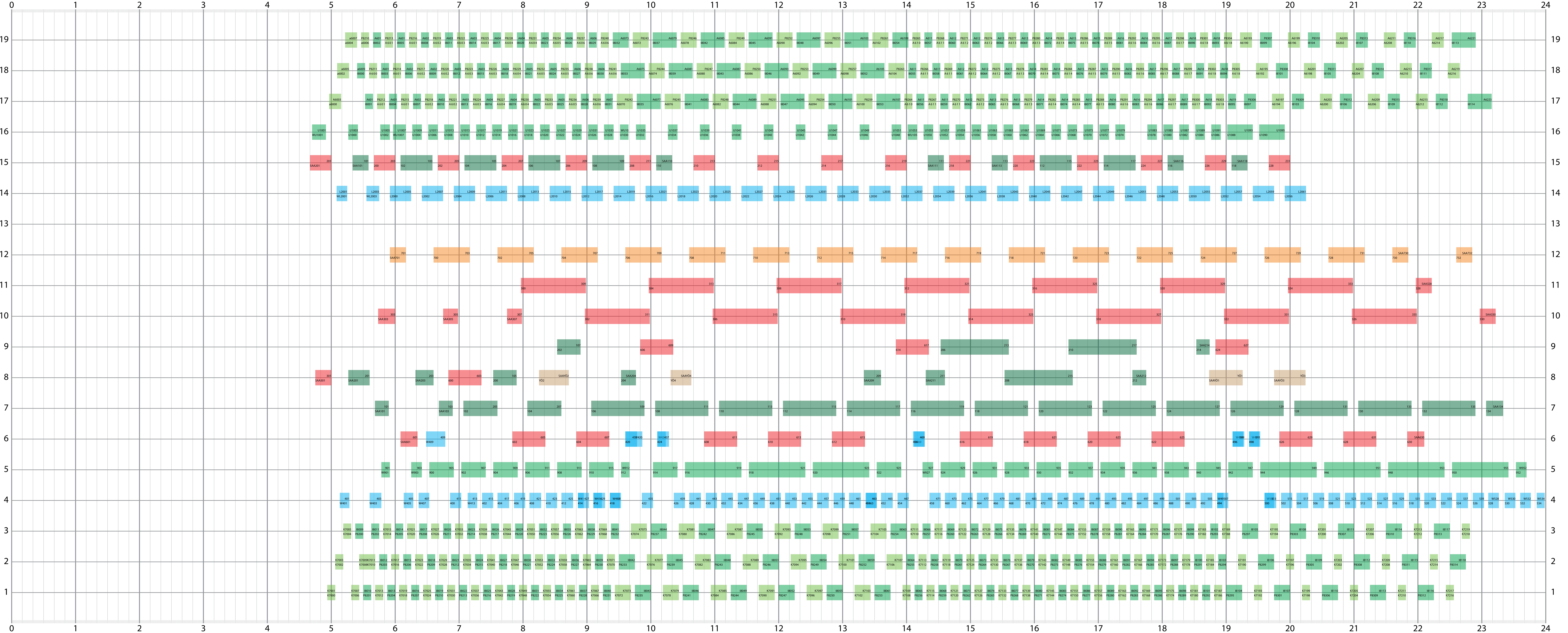
Väylävirasto n.d. Helsinki–Riihimäki-hanke. Saatavilla: <https://vayla.fi/web/vayla/helsinki-riihimaki> (viitattu 21.2.2023).





Lentoradan liikenne





Raiteisto Helsinki-Pasila-välillä

