



Länsisataman pikaraitiotien yleissuunnitelman vaikutusten arviointi

Helsinki

Esipuhe

Tässä työssä on laadittu Länsisataman pikaraitiotien yleissuunnitelman vaikutusten arviointi. Vaikutusten arviointiin on sisällynyt raitioliikenteen linjaston suunnittelu, liikennöintinäkökulmien arviointi, liikenne-ennusteiden laadinta ja hankearviointi.

Työn ohjausryhmään ovat kuuluneet Reetta Putkonen, Heikki Palomäki, Hanna Pund, Niko Setälä (KYMP), Mikko Keskinen, Hannu Asikainen, Outi Sänntti, Tuomo Sipilä (Kaupunginkanslia), Artturi Lähdetie, Katerina Zaitseva, Kirsi Borg (Kaupunkiliikenne Oy) ja Sakari Metsälampi (HSL).

Vaikutusten arvioinnin on laatinut Henri Miettinen, Samuli Kyytsönen, Abdulrahman Al-Metwali ja Juhani Mutikainen WSP Finland Oy:stä. Konsultti suunnitteli linjaston yhdessä HSL:n kanssa ja HSL arvioi raitioliikenteen operointikustannukset. Vaikutusten arviointi on laadittu vuonna 2024.

Sisällysluettelo

Esipuhe.....	2
1. Tiivistelmä.....	4
2. Linjasto ja liikennöinti.....	5
2.1. Linjastosuunnittelun periaatteet	5
2.2. Hankevaihtoehdon linjasto	6
2.3. Vertailuvaihtoehdon linjasto	9
2.4. Muut tutkitut linjastovaihtoehdot.....	12
<i>Suora linja Kamppi–Hernesaari</i>	13
<i>Kaksi uutta linjaa 6B ja 7T</i>	14
<i>Vihdintien pikaraitiotie Hernesaareen</i>	15
2.5. Raitioliikenteen operointikustannukset.....	15
2.6. Raitioliikenteen simulointitarkastelu	17
<i>Simulointitarkastelun menetelmä</i>	17
<i>Simulointitarkastelun rajauksia ja puutteita</i>	20
<i>Simulointitarkastelun tulokset</i>	20
<i>Simulointitarkastelun johtopäätökset</i>	24
3. Liikenne-ennusteet.....	25
3.1. Menetelmä	25
3.2. Lähtötiedot	25
3.3. Matkustajamäärät.....	28
<i>Vertailuvaihtoehdon matkustajamäärät ja kapasiteetti</i>	28
<i>Hankevaihtoehdon matkustajamäärät ja kapasiteetti</i>	29
3.4. Matkaketjut.....	31
3.5. Joukkoliikenteen aika- ja palvelutasomuutokset	33
3.6. Kulikutapamuutokset ja ulkoisvaikutukset.....	35
4. Hankearviointi.....	36
4.1. Hyödyt.....	36
4.2. Kustannukset	36
4.3. Yhteiskuntataloudellinen kannattavuus	37
4.4. Vaikutukset HSL:n talouteen	37
5. Herkkyystarkastelut	39
5.1. Kaivokatu auki henkilöautoliikenteelle.....	39
5.2. Helsingin yliopiston metroaseman pohjoinen kävely-yhteys	39

1. Tiivistelmä

Länsisataman pikaraitiotie on hanke, jossa Kruunusillat-hankkeen pikaraitiolinjaa 12 jatketaan Hakaniemestä keskustan läpi Länsisatamaan. Hankkeeseen sisältyy nykyisen Hakaniemen ja Länsiterminaalin välisen raitiotien kehittämistä pikaraitioliikenteelle soveltuvaksi. Tässä työssä arvioidaan hankkeen yleissuunnitelman keskeisiä liikenteellisiä vaikutuksia. Työn rajaukseen sisältyi linjastosuunnittelu ja tarkastelut linjaston toimivuudesta. Hankevaihtoehdon linjasto perustuu RAILI2-suunnitelman luonnokseen, jossa Jätkäsaaren, Hernesaaren ja Länsisataman matkustuskysynnän kasvuun vastataan pikaraitiolinjan 12 jatkeella Länsisatamaan ja linjan 9 kääntämisellä Hernesaareen. Lisäksi hankevaihtoehdossa jatketaan Kalasataman raitiolinjaa 13 Nihdistä Rautatientorille. Vertailuvaihtoehdossa kysynnän kasvuun vastataan linjalla 7T Länsisatama–Katajanokka ja linjan 1 käännöllä Hernesaareen.

Raitioverkon toimivuutta tarkasteltiin simuloinneilla, jotka keskittyivät pysäkkien toimivuuden kuvaamiseen, sillä pysäkit ovat raitioverkon keskeisin pullonkaula. Simulointitarkastelun perusteella voidaan todeta, että hankevaihtoehdon linjasto edellyttää neljää pysäkkilaituria Kaivokadulle. Lisäksi hankevaihtoehdossa Kaisaniemenkadun ja Simonkadun pysäkkien toimivuus heikentyy heikolle tai välttävälle tasolle, ellei pysäkkejä pidennetä 65 metriin.

Raitiotien liikenne-ennusteet laadittiin Helmet 4.1-mallilla. Hankkeen myötä linjan 12 matkustajamäärät kasvavat noin 15 000 matkasta arkivuorokaudessa lähes 50 000 matkaan vuoden 2040 tilanteessa. Ennustettu matkustuskysyntä ylittää 35-metrinen pikaraitiovaunujen kapasiteetin. 2030-luvulla on tarve varautua pidentämään linjan raitiovaunuja 45-metrisiksi. Kaivokadun läpi liikennöitäessä yli puolet matkustajista vaihtuu Kaivokadun pysäkillä, jonka suuret käyttäjämäärät lisäävät perusteluita linjan omille pysäkkilaitureille.

Hankkeen hyöty-kustannussuhde on 2,9, eli hanke on muihin useisiin muihin raitiotiehankeisiin verrattuna poikkeuksellisen kannattava. Tarvittava infra on suurilta osin jo olemassa tai rakenteilla, jolloin hankkeen edellyttämät investoinnit ovat vähäisiä. Lisäksi hanke toteutuu tiiviiseen kaupunkiympäristöön, jossa matkustajamäärät ovat suuria. Kustannusarvio on noin 37 miljoonaa euroa. Yhteiskuntataloudellisessa laskelmassa 30 vuoden tarkastelujaksolla arvioidut hyödyt ovat noin 135 miljoonaa, joista 128 miljoonaa euroa perustuu matkustajahyötyihin.

Hankkeen keskeisiä vaikutuksia ovat seuraavat:

- Raitiomatkat Kalasatamasta ja Laajasalosta keskustaan muuttuvat vaihdottomiksi, mikä kasvattaa raitioliikenteen matkustajamääriä ja mahdollistaa sekä Kruunusillat- että Kalasatamasta Pasilaan -hankeinvestointien täysimääräisen hyödyntämisen. Vaihtojen määrän vähentyminen nopeuttaa matkustamista. Yliskylän pikaraitiolinjan jatkaminen Hakaniemen läpi mahdollistaa muidenkin linjojen reitittämisen Hakaniemenrantaan.
- Metron kuormitus kevenee 4 % sen kuormitetuimmalla osalla Sörnäinen–Kalasatama, lykäten tarvetta sen kapasiteetin nostamiseen. Kapasiteetin nostamisen hanke on jo käynnissä ja toteutuu vaiheittain. Joukkoliikennejärjestelmä tehostuu, kun matkustusta siirtyy voimakkaasti kuormittuvalta metrolta uusille raitioliikenteen rataosille.
- Länsisataman raitioliikenteen kapasiteetti kasvaa, kun kaupunkiraitiovaunut korvataan pikaraitiovaunuilla, jotka vastaavat paremmin laivaliikenteen kysyntäpiikkeihin.
- Raitioliikenteen raiteiden määrän lisääminen Kaivokadulla ja muut suunnitellut infraparannukset mahdollistavat Länsisataman pikaraitotien toteuttamisen keskustan raitioverkkoon. Lisäksi hankkeen investoinnit Kaisaniemenkadun ja Kaivokadun raitioteihin luovat edellytyksiä myöhemmille pikaraitioteille.
- Hernesaaren yhteydet Rautatieasemalle parantuvat, kun hanke mahdollistaa kahden raitiolinjan liikennöinnin Kaivokadulta Hernesaareen. Ilman hanketta toinen linja kulkisi Lasipalatsin kautta, mikä on liikennemallinnuksen perusteella huonompi ratkaisu.

2. Linjasto ja liikennöinti

2.1. Linjastosuunnittelun periaatteet

Yleissuunnitelmassa on suunniteltu kaksi linjastoa: hankevaihtoehdon linjasto, jossa pikaraitiolinjaa 12 jatketaan Länsisatamaan ja vertailuvaihtoehdon linjasto, jossa vastaava palvelutaso on pyritty toteuttamaan kaupunkiraitioliikenteen tihentämisellä. Molemmilla linjastoilla on pyritty tarjoamaan ennustettuun kysyntään mahdollisimman hyvin vastaava raitioliikenteen palvelutarjonta.

Linjastosuunnittelu on keskittynyt raitioliikenteen reittien suunnitteluun, koska hankkeella tai sen vertailuvaihtoehdolla ei ole vaikutuksia bussilinjastoon. Tästä syystä tässä työssä ei käsitellä bussiliikenteen muutoksia tai esimerkiksi niiden liikennöintikustannuksia.

Linjastot on suunniteltu vuoden 2040 tilanteeseen, jolloin Helsingin sataman keskittämisstrategia on toteutunut ja lisännyt Länsisataman matkustajalauttaliikennettä sekä Jätkäsaareen ja Hernesaareen ja Laajasaloon suunniteltu maankäyttö on toteutunut. Jätkäsaaren ja Hernesaaren alueiden kasvu sekä Tallinnan-liikenteen keskittäminen Länsisatamaan aiheuttavat tarpeen kasvattaa raitioliikenteen tarjontaa verrattuna nykytilanteeseen.

Linjastosuunnitelmassa ei ole huomioitu hankkeita, joista ei ole toteutus päätöksiä, kuten pikaraitiolinjan 12 jatke Yliskylänlahdelle tai Viikin-Malmin ja Mäkelänbulevardin pikaraitiotiet.

Hankevaihtoehdossa tarjonnan kasvu toteutetaan Yliskylän pikaraitiolinjan 12 jatkamisella keskustaan sekä linjan 9 käännöllä Hernesaareen. Vertailuvaihtoehdossa tarjonnan kasvu toteutetaan kääntämällä linja 1 Hernesaareen ja perustamalla uusi linja 7T Länsisataman ja Katajannokan terminaalien välille. Hankevaihtoehdon sivutuotteena toteutuu vaihdottomat yhteydet Kalasataman eteläosista ja Laajasalosta keskustaan, kun linjaa 12 jatketaan Hakaniemestä, mikä vuorostaan mahdollistaa linjan 13 jatkamisen. Linjastovaihtoehtojen keskeiset erot ja ominaisuudet esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Suunniteltujen linjastojen keskeiset erot ja ominaisuudet.

Yhteysväli	Tavoite	Hankevaihtoehdon linjat	Vertailuvaihtoehdon linjat
Länsisatama–keskusta	5 min vuoroväli	Pikaraitiolinja 12, 5 min (Lisäksi Tahitinkadulle päättävä raitiolinja 7, 10 min)	Kaupunkiraitiolinjat 7, 7T ja 9, 3–5 min
Hernesaari–keskusta	5 min vuoroväli	Linjat 6 ja 9, 5 min (molemmat linjat Kaivokadulle)	Linjat 1 ja 6, 5 min (6 Kaivokadulle, 1 Lasipalatsille)
Katajannokan terminaal–keskusta	10 min vuoroväli	Linja 1, 10 min	Linja 7T, 10 min
Kalasatama/Laajasalo–keskusta	Suorat yhteydet	Pikaraitiolinja 12 Laajasalosta ja 13 Kalasatamasta	Ei vaihdottomia raitioyhteyksiä

2.2. Hankevaihtoehdon linjasto

Hankevaihtoehdon linjasto perustuu pitkälti HSL:n RAILI2-linjastosuunnitelmaan raitioliikenteestä 2030-luvulla. Linjastosuunnitelma sisältää tämän hankkeen tavoitteena olevan linjastomuutokset pikaraitiolinjan 12 jatkamisesta Hakaniemestä Länsisatamaan. Seuraaviin raitiolinjoihin ei ole suunniteltu muutoksia linjastosuunnitelmaan verrattuna:

- Linja 1 Katajanokan terminaali–Aleksanterinkatu–Kaivokatu–Kamppi–Etu-Töölö–Helsinginkatu–Mäkelänkatu–Käpylä
- Linja 2 Katajanokka–Aleksanterinkatu–Mannerheimintie–Pasila–Messukeskus
- Linja 4 Kaivopuisto–Aleksanterinkatu–Mannerheimintie–Arkadiankatu–Etu-Töölö–Topeliuksenkatu–Munkkiniemi
- Linja 5 Tehtaankatu–Fredrikinkatu–Etu-Töölö–Topeliuksenkatu–Rosina Heikelin puisto
- Linja 6 Hernesaari–Bulevardi–Kaivokatu–Hämeentie–Arabia
- Linja 8 Bunkkeri–Länsisatama–Ruoholahti–Mechelininkatu–Helsinginkatu–Arabia
- Linja 10 Kirurgi–Mannerheimintie–Pikku-Huopalahti
- Linja 11 Kruunuvuorenranta–Kalasatama–Pasila
- Linja 12 Tahitinkatu–Länsisatama–Kamppi–Kaivokatu–Hakaniemenranta–Yliskylä
- Linja 14 Kolmikulma–Mannerheimintie–Meilahti–Munkinseutu–Kannelmäki (reitti ennen Mäkelänbulevardin pikaraitiotien toteutumista, mihin linja yhdistyy Postikadulla)

Seuraavat raitiolinjat on suunniteltu toisin kuin linjastosuunnitelmassa:

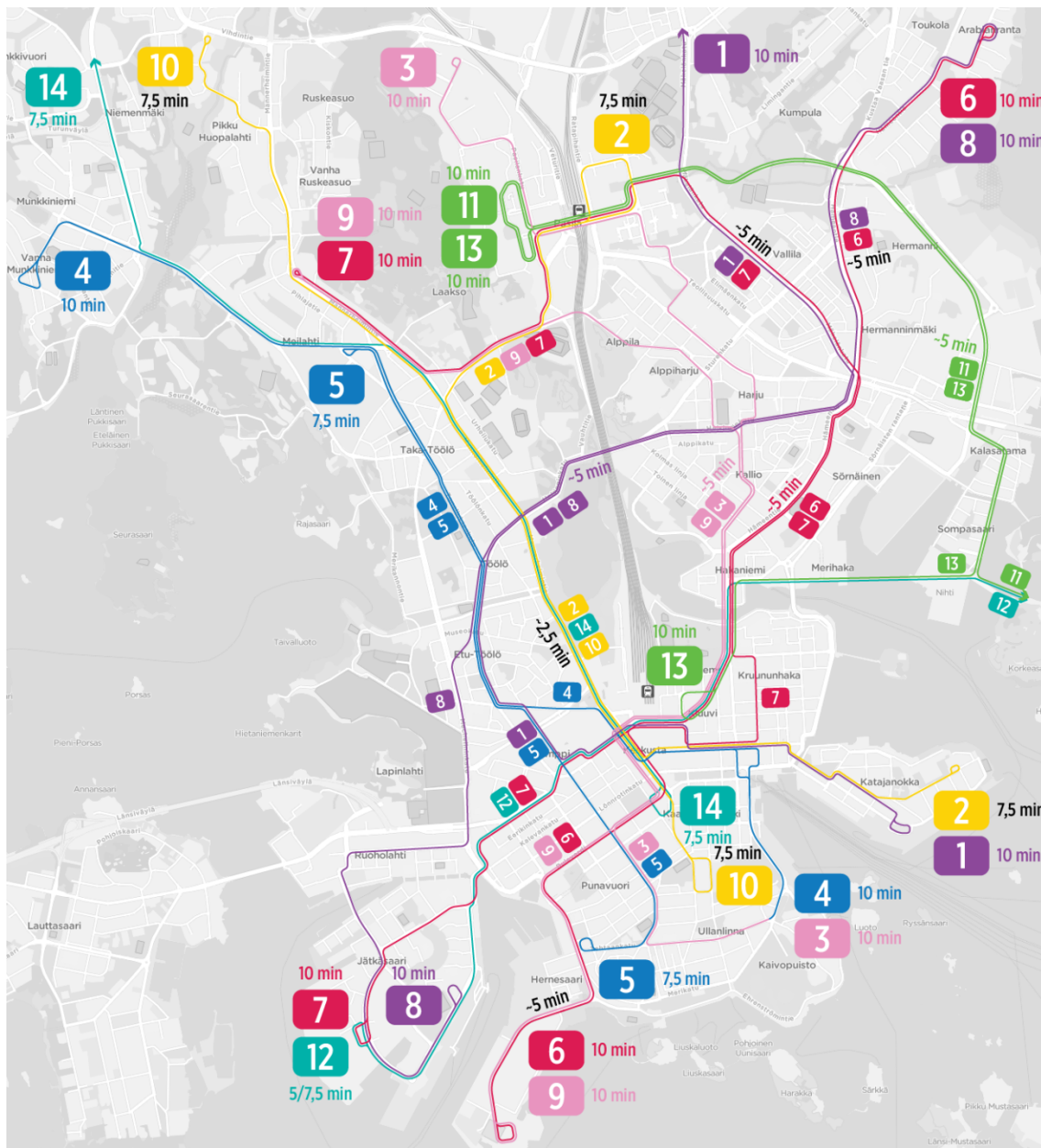
- Linja 3 on käännetty Kallion pohjoispuolella nykyiselle linjan 9 reitille Vallilan ja Pasilan kautta Ilmalaan. Linjan reittiin Kalliosta etelään (Kallio–Kaivokatu–Bulevardi–Kaivopuisto) ei ole esitetty muutoksia.
- Linja 7 on lyhennetty Jätkäsaarella Bunkkerilta Tahitinkadulle. Linjan reitti on siten Tahitinkatu–Välimerenkatu–Kamppi–Kaivokatu–Kruunuhaka–Hämeentie–Mäkelänkatu–Pasila–Kuusitie.
- Linja 9 on käännetty Kallion pohjoispuolella nykyiselle linjan 3 reitille Nordenskiöldinkadun kautta Kuusitielle. Linjan reittiin Kalliosta etelään (Kallio–Kaivokatu–Bulevardi–Hernesaari) ei ole esitetty muutoksia.
- Linja 13 on lyhennetty Kolmikulmasta Mikonkadulle. Linjan 13 reitti on siten Mikonkatu–Kaisaniemenkatu–Hakaniemenranta–Kalasatama–Pasila

Linjojen 3 ja 9 pohjoiset reittiosuudet on vaihdettu keskenään, jotta linjojen suhteessa kysyttävät linjaosuudet (linjan 3 nykyinen reitti Kaivopuistosta Kaivokadulle ja linjan 9 nykyinen reitti Kalliosta Ilmalaan) voidaan yhdistää samalle linjalle. Tällöin ne reittiosuudet, joilla kysyntä on vähäisempää (linjan 3 nykyinen reitti Kalliosta Kuusitielle) tai linja kulkee toisen linjan rinnalla (linjan 9 tuleva reitti Kaivokadulta Hernesaareen) voidaan yhdistää toiselle linjalle, jonka liikennöintiajat voivat olla suppeampia. Reittiosuuksien vaihto siten tehostaa liikennöintiä. Reittiosuuksien vaihdon merkitys linjoilla matkustamiseen on vähäistä, sillä linjoilla on hyvin pitkä yhteinen reittiosuus Fredrikinkadun ja Helsinginkadun välillä.

Linja 7 on lyhennetty, jotta Jätkäsaarella on yksi linja Jätkäsaaren asukkaille, työntekijöille ja vierailijoille ilman, että sataman matkustajaliikenne ruuhkauttaa linjaa. Linjan lyhennys on mahdollinen, koska pikaraitiolinjan 12 jatkaminen Länsisatamaan kasvattaa riittävästi

raitioliikenteen matkustajakapasiteettia. Toisaalta jos satamaliikenne kasvaa ennakoitua enemmän, linjaa 7 voidaan tarvittaessa jatkaa Länsisataman kautta Bunkkerin käännpaikalle. Linjan pidentämisen arvioidaan edellyttävän yhtä raitiovaunua lisää linjan liikennöintiin.

Linjaa 13 on lyhennetty, koska RAILI2-suunnitelmassa suunniteltu päätepysäkki Kolmikulmassa on nykyisten suunnitelmien mukaan toistaiseksi pikaraitiolinjan 14 käytössä.



Kuva 1. Hankevaihtoehdon linjakartta ja linjojen vuorovälit.

Hankevaihtoehdon linjakartta on esitetty kokonaisuudessaan kuvassa 1. Raitiolinjojen liikennöintiäika on arkipäivisin pääsääntöisesti 05:30–02:00 ja vuoroväli on aamulla, päivällä ja illalla 10 minuuttia. Poikkeuksellisesti lyhyempi liikennöintiäika on esimerkiksi linjoilla 1 ja 9, joiden reittisuudet ovat joko päällekkäisiä muiden linjojen kanssa tai matkustuskysyntä on vähäisempää kuin muilla linjoilla. Poikkeukselliset vuorovälit ovat kaupunkiraitiolinjoilla 2, 5 ja 10, joiden vuoroväli on 7,5 minuuttia, ja pikaraitiolinjoilla, joista linjan 12 vuoroväli on ruuhka-aikoina 5 minuuttia ja muulloin päivällä ja illalla 7,5 minuuttia.

Useat kaupunkiraitiolinjat muodostavat keskenään linjapareja, joiden aikataulusuunnittelussa pyritään porrastamaan linjojen aikataulut tasaisesti. Porrastaminen ei ole aina mahdollista, kun aikataulusuunnittelun tavoitteet voivat olla ristiriitaisia kantakaupungin monimutkaisella verkolla.

Erityisesti linjoilla 1, 6, 7, 8 ja 9 on paljon keskinäisiä riippuvuuksia, jotka hankaloittavat linjojen onnistunutta tahdistamista. Keskeisimmät linjaparit on esitetty taulukossa 2. Esitettyjen parien lisäksi linjat 4 ja 5 olisi luonteva pari, jos niiden vuorovälit olisivat yhteensopivat.

Taulukko 2. Hankevaihtoehdon linjaston linjaparit ja tahdistustavoitteet.

Linjapari- /kolmikko	Yhteysväli	Linjojen vuoroväli	Porrastuksella tavoiteltava vuoroväli
1 ja 7	Mäkelänkatu	10 min	5 min
1 ja 8	Etu-Töölö-Sörnäinen	10 min	5 min
2, 10 ja 14	Mannerheimintie	7,5 min	2,5 min
3 ja 9	Punavuori-Kallio	10 min	5 min
6 ja 7	Kaivokatu-Sörnäinen	10 min	5 min
6 ja 8	Sörnäinen-Arabia	10 min	5 min
6 ja 9	Hernesaari-Hakaniemi	10 min	5 min
11 ja 13	Nihti-Kalasadama-Pasila	10 min	5 min

Kalustotarpeen arvioinnissa on oletettu, että Kruunusillat-hanketta varten tilatut pikaraitiovaunut ovat täysimääräisesti käytössä, vaikka pikaraitiolinja 12 ei varaa kaikkia tilattuja vaunuja. Oletuksen seurauksena hankevaihtoehdossa linjalla 11 liikennöidään kahta pikaraitiovaunua ja kuutta kaupunkiraitiovaunua.

Taulukossa 3 on esitetty raitiolinjoiden liikennöinnin sitoma kalusto (ilman varakalustoa), arkipäivien liikennöintiajat ja pääsääntöiset vuorovälit niiltä linjoilta, joiden reitissä, kalustossa tai liikennöintiajoissa on eroja hankevaihtoehdon ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Taulukko 3. Hankevaihtoehdon linjaston kalusto, liikennöintiajat ja vuorovälit niillä linjoilla, joissa on muutoksia hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Linja	Kalusto	Liikennöinti alkaa	Liikennöinti päätyy	Vuoroväli ruuhkassa	Vuoroväli päivällä
1	11 x kaupunkiraitiovaunua	06:30	21:00	10 min	10 min
3	9 x kaupunkiraitiovaunua	05:30	02:00	10 min	10 min
7	11 x kaupunkiraitiovaunua	05:30	24:00	10 min	10 min
9	9 x kaupunkiraitiovaunua	06:30	21:00	10 min	10 min
11	6 x kaupunkiraitiovaunua 2 x pikaraitiovaunua	05:30	23:00	10 min	10 min
12	18 x pikaraitiovaunua	05:30	02:00	5 min	7,5 min
13	7 x kaupunkiraitiovaunua	05:30	02:00	10 min	10 min

Linjastomuutokset nykytilanteesta vuoden 2040 tavoitelinjastoon toteutuu enimmäkseen ilman tarvetta tai mahdollisuuksia vaiheistukseen. Pikaraitiolinjan 12 toteutuessa Jätkäsaareen linja 9 siirretään Bulevardille, linja 7 siirretään Tyynenmerenkadulta Välimerenkadulle ja linja 13 jatketaan keskustaan. Mikäli Hernesaaren kehitys ei perustele linjan 9 jatkamista Hernesaareen asti linjan 12 jatkeen toteutuessa, linja 9 voidaan vaiheistaa päättymään Hietalahden lenkille.

Hankkeen kanssa samassa aikaikkunassa 2020-luvun lopussa ja 2030-luvun alussa toteutuu Länsi-Helsingin raitiotiet. Rakentamisen aikaisia poikkeuksia lukuun ottamatta hankkeet eivät vaikuta toistensa linjastoratkaisuihin, sillä ne kohdistuvat eri linjoihin: Länsisataman pikaraitiotie linjoihin 7, 9, 12 ja 13 ja Länsi-Helsingin raitiotiet linjoihin 1, 2, 4, 5 ja 14.

2.3. Vertailuvaihtoehdon linjasto

Vertailuvaihtoehdon linjaston suunnittelun tavoitteena on toteuttaa vastaava palvelutaso kuin hankevaihtoehdon linjastossa mutta ilman pikaraitiolinjan 12 jatkamista Hakaniemestä Länsisatamaan. Tämä on toteutettu perustamalla uusi kaupunkiraitiolinja 7T ja vaihtamalla useiden raitiolinjojen reittejä suhteessa hankevaihtoehtoon:

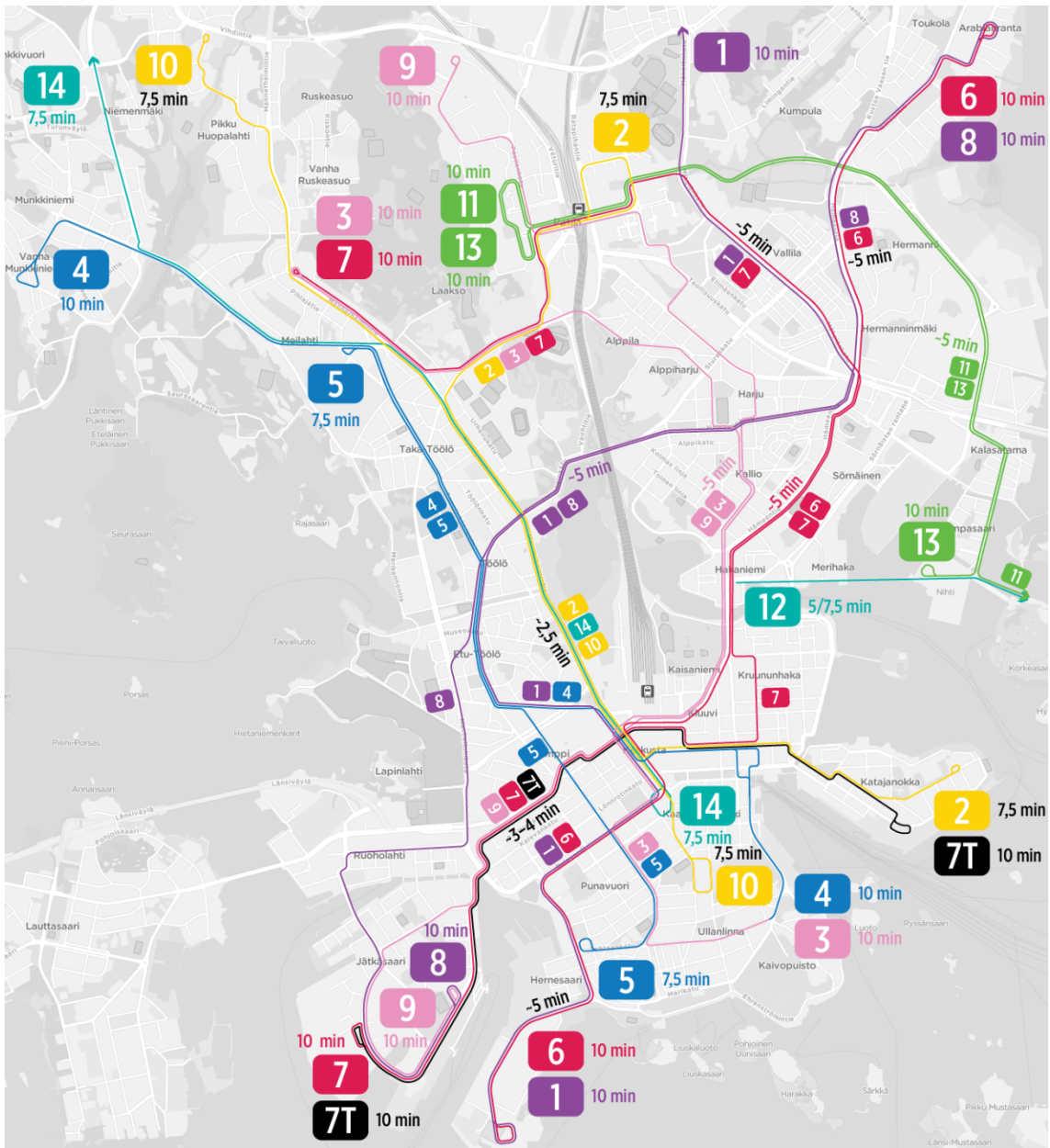
- Linja 1 on käännetty Hernesaaren siten, että linjan reitti Arkadiankadulta etelään on Mannerheimintie–Bulevardi–Hernesaari.
- Linjojen 3 ja 9 reittejä Kallion pohjoispuolella ei ole vaihdettu kuten hankevaihtoehdossa, jolloin suunnitellut reitit vastaavat nykyisiä.
- Linja 7 on käännetty Jätkäsaareen nykyiselle reitilleen Tyynenmerenkadulle.
- Uusi linja 7T on perustettu reitille Tahitinkatu–Länsisatama–Kamppi–Kaivokatu–Aleksanterinkatu–Katajanokan terminaali.
- Linja 9 on käännetty Hernesaaren sijaan nykyiselle reitilleen Kaivokatu–Kamppi–Välimerenkatu–Länsisatama–Bunkkeri.
- Linja 12 on lyhennetty Hakaniemeen.
- Linja 13 on lyhennetty Nihtiin.

Linja 1 on käännetty Hernesaareen, jotta Hernesaareen on kaksi raitiolinjaa, vaikka linja 9 säilyy nykyisellä reitillään Jätkäsaareen. Linjan 1 reitti muuttuu myös Etu-Töölön ja Mannerheimintien välillä siten, että linja kulkee suoraan Arkadiankatua Kampin kautta kulkemisen sijaan.

Linjat 7 ja 9 on käännetty nykyisille reiteilleen Jätkäsaareen, jotta Jätkäsaareen olisi riittävästi raitioliikennettä, vaikka pikaraitiolinjaa 12 ei pidennetä Länsisatamaan. Riittävän palvelun varmistaminen edellyttää myös uuden raitiolinjan 7T perustamista. 7T vahvistaa linjan 7 palvelua ja kapasiteettia Länsisataman ja Kaivokadun välillä. Kaivokadulta linja 7T jatkaa Katajanokan terminaaliin samaa reittiä kuin linja 1 hankevaihtoehdossa korvaten linjan 1 poistumisten.

Pikaraitiolinja 12 on lyhennetty Hakaniemeen, koska ilman hankevaihtoehdon inframuutoksia linjaa ei pysty jatkamaan muualle keskustaan. Linjan 12 lyhentämisen seurauksena linjaa 13 ei voida myöskään jatkaa Nihtiä pidemmälle, koska linja 12 varaa päätepysäkkinsä raiteet ajantasaukseen, jolloin linjaa 13 ei voida liikennöidä Hakaniemenrannan läpi.

Vertailuvaihtoehdon linjakartta on esitetty kokonaisuudessaan kuvassa 2. Raitiolinjojen liikennöintiäika on arkipäivisin pääsääntöisesti 05:30–02:00 ja vuoroväli on aamulla, päivällä ja illalla 10 minuuttia. Poikkeuksellisesti lyhyempi liikennöintiäika on esimerkiksi linjoilla 1 ja 7T, joiden reittiosuudet ovat joko päällekkäisiä muiden linjojen kanssa tai matkustuskysyntä on vähäisempää kuin muilla linjoilla. Poikkeukselliset vuorovälit ovat kaupunkiraitiolinjoilla 2, 5 ja 10, joiden vuoroväli on 7,5 minuuttia, ja pikaraitiolinjoilla, joista linjan 12 vuoroväli on ruuhka-aikoina 5 minuuttia ja muulloin päivällä ja illalla 7,5 minuuttia.



Kuva 2. Vertailuvaihtoehdon linjakartta ja linjojen vuorovälit.

Useat kaupunkiraitiolinjat muodostavat keskenään linjapareja, joiden aikataulusuunnittelussa pyritään porrastamaan linjojen aikataulut tasaisesti. Porrastaminen ei ole aina mahdollista, kun aikataulusuunnittelun tavoitteet voivat olla ristiriitaisia kantakaupungin monimutkaisella verkolla. Erityisesti linjoilla 1, 6, 7(T), 8 ja 9 on paljon keskinäisiä riippuvuuksia, jotka hankaloittavat linjojen onnistunutta tahdistamista. Keskeisimmät linjaparit on esitetty taulukossa 4. Raitiolinjojen liikennöintiäika on arkipäivisin pääsääntöisesti 05:30–02:00 ja vuoroväli on aamulla, päivällä ja illalla 10 minuuttia. Poikkeuksellisesti lyhyempi liikennöintiäika on esimerkiksi linjoilla 1 ja 9, joiden reittisuudet ovat joko päällekkäisiä muiden linjojen kanssa tai matkustuskysyntä on vähäisempää kuin muilla linjoilla. Poikkeukselliset vuorovälit ovat kaupunkiraitiolinjoilla 2, 5 ja 10, joiden vuoroväli on 7,5 minuuttia, ja pikaraitiolinjoilla, joista linjan 12 vuoroväli on ruuhka-aikoina 5 minuuttia ja muulloin päivällä ja illalla 7,5 minuuttia.

Taulukko 4. Vertailuvaihtoehdon linjaston linjaparit ja tahdistustavoitteet.

Linjapari- /kolmikko	Yhteysväli	Linjojen vuoroväli	Porrastuksella tavoiteltava vuoroväli
1 ja 6	Hernesaari–Kluuvi	10 min	5 min
1 ja 7	Mäkelänkatu	10 min	5 min
1 ja 8	Etu-Töölö–Sörnäinen	10 min	5 min
2, 10 ja 14	Mannerheimintie	7,5 min	2,5 min
3 ja 9	Kaivokatu–Kallio	10 min	5 min
6 ja 7	Kaivokatu–Sörnäinen	10 min	5 min
6 ja 8	Sörnäinen–Arabia	10 min	5 min
7, 7T ja 9	Jätkäsaari–Kluuvi	10 min	3–4 min
11 ja 13	Nihti–Kalasatama–Pasila	10 min	5 min

Kalustotarpeen arvioinnissa on oletettu, että Kruunusillat-hanketta varten tilatut pikaraitiovaunut ovat täysimääräisesti käytössä, vaikka pikaraitiolinja 12 ei varaa kaikkia tilattuja vaunuja. Oletuksen seurauksena vertailuvaihtoehdossa pikaraitiovaunuilla liikennöidään kokonaan linjaa 13 ja linjalla 11 liikennöidään viittä pikaraitiovaunua ja kolmea kaupunkiraitiovaunua.

Taulukossa 5 on esitetty raitiolinjoiden liikennöinnin sitoma kalusto (ilman varakalustoa), arkipäivien liikennöintiajat ja pääsääntöiset vuorovälit niiltä linjoilta, joiden reitissä, kalustossa tai liikennöintiajoissa on eroja hankevaihtoehdon ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Taulukko 5. Vertailuvaihtoehdon linjaston kalusto, liikennöintiajat ja vuorovälit niillä linjoilla, joissa on muutoksia hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Linja	Kalusto	Liikennöinti alkaa	Liikennöinti päätyy	Vuoroväli ruuhkassa	Vuoroväli päivällä
1	11 x kaupunkiraitiovaunua	6:30	21	10	10
3	9 x kaupunkiraitiovaunua	5:30	02	10	10
7	12 x kaupunkiraitiovaunua	5:30	24	10	10
7T	6 x kaupunkiraitiovaunua	6:30	21	10	10
9	10 x kaupunkiraitiovaunua	5:30	02	10	10
11	5 x pikaraitiovaunua 3 x kaupunkiraitiovaunua	5:30	23	10	10
12	10 x pikaraitiovaunua	5:30	02	5	7,5
13	5 x pikaraitiovaunua	5:30	24	10	10

Linjastomuutokset nykytilanteesta vuoden 2040 tavoitelinjastoon voidaan vaiheistaa Länsisataman, Jätkäsaaren ja Hernesaaren kasvun mukaan. Lisäksi linjaston vaiheistukseen liittyy Länsi-Helsingin raitiotiet-hanke, joka toteutuu samassa aikaikkunassa 2020-luvun lopussa ja 2030-luvun alussa.

Toisin kuin Länsi-Helsingin raitiotiet-hankkeen yhteydessä on suunniteltu, linja 1 ei siirry linjan 5 toteutuessa Katajannokan terminaalille, vaan jää nykyisen kaltaiselle reitille ja päättyy Hietalahden lenkille. Hernesaaren kasvaessa linja 1 jatketaan Hernesaaren kärkeen.

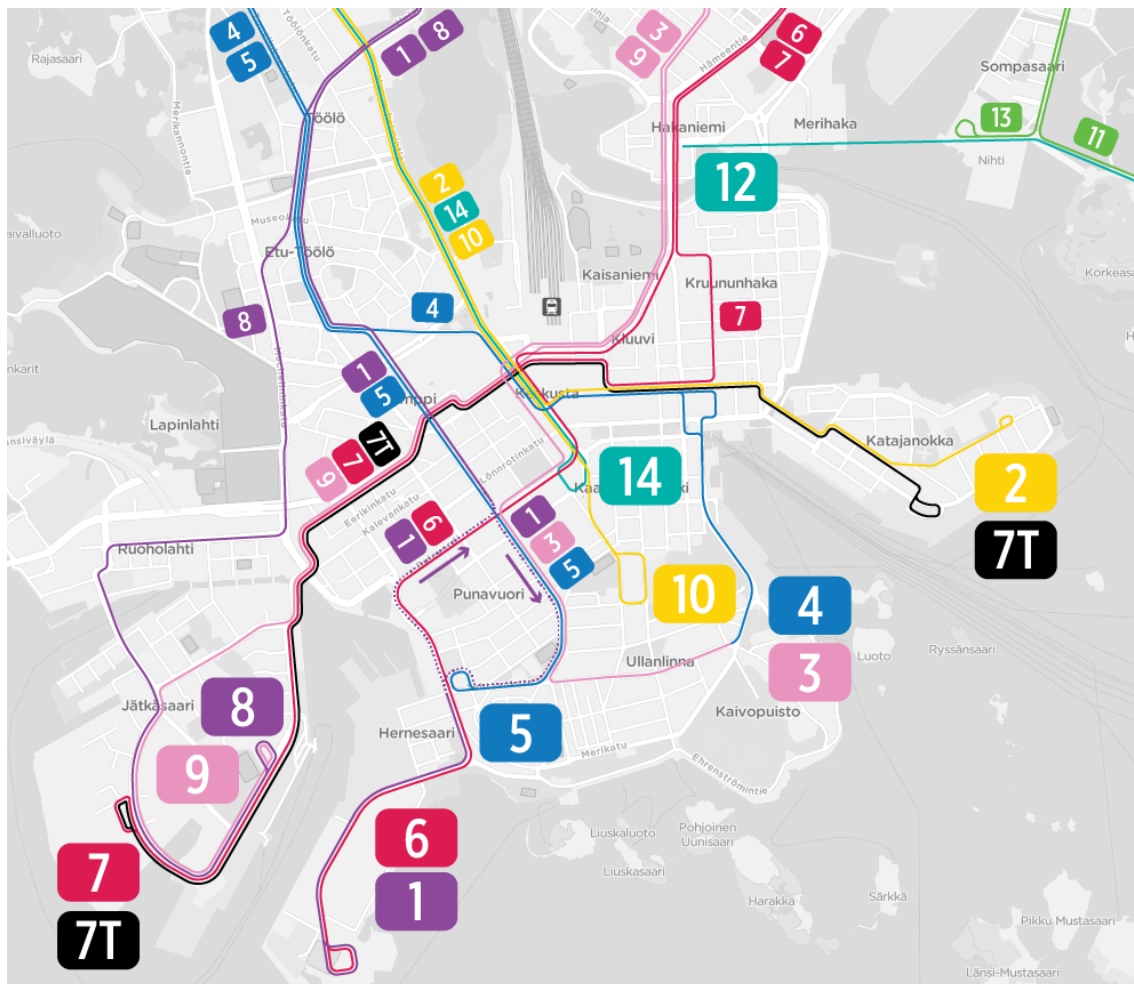
Linja 7T perustetaan Jätkäsaaren ja Länsisataman kasvun mukaan sopivassa ajankohdassa. Linjan 7T toteutumiseen asti liikennöidään nykyisenkaltaista linjaa 5 keskustan ja Katajanokan välillä. Läntisen kantakaupungin linjan 5 toteutuessa nykyisen linjan 5 tunnus voidaan muuttaa jo tunnukseksi 7T.

2.4. Muut tutkitut linjastovaihtoehdot

Erityisesti vertailuvaihtoehdon osalta tutkittiin erilaisia linjastoratkaisuja tarvittavan palvelutason tarjoamiseksi. Hankevaihtoehdon linjastoratkaisun ollessa RAILI2-suunnitelman mukainen, sen vaihtoehtoisia ratkaisuja ei työn aikana nähty tarpeelliseksi. Tässä luvussa esitetään kolme vertailuvaihtoehdon linjaston vaihtoehtoista ratkaisua.

Suora linja Kamppi–Hernesaari

Yksi vaihtoehtoinen vertailuvaihtoehdon ratkaisu olisi muuten ollut valitun linjastoratkaisun mukainen, mutta linjan 1 reitti on suoristettu Töölön ja Hernesaaren välillä kulkemaan Kampin läpi Fredrikinkatua pitkin. Linjakartta on esitetty kuvassa 3. Ratkaisuin etuina on vaihdoton yhteys Hernesaaren ja Kampin välillä sekä raitioverkon kapasiteetin tehokkaampi käyttö, kun kuormitetuilla Lasipalatsin ja Simonkadun pysäkeillä on yksi raitiolinja vähemmän.



Kuva 3. Vertailuvaihtoehdon vaihtoehtoinen ratkaisu, jossa linja 1 on suoristettu kulkemaan Kampin läpi.

Kampin ja Hernesaaren välisen raitiolinjan haasteena on kuitenkin puutteelliset vaihdeyhteydet, joita on hyvin hankala kehittää linjan mahdollistamiseksi. Nykytilanteessa raideyhteys Fredrikinkadulta Telakkakadulle kulkee Laivurinkadun, Tehtaankadun, Perämiehenkadun ja Pursimiehenkadun kautta. Vaihtoehtoista reittiä Fredrikinkadulta suoraan Bulevardille ei todennäköisesti voida toteuttaa Fredrikinkadun ja Bulevardin ahtaaseen liittymään.

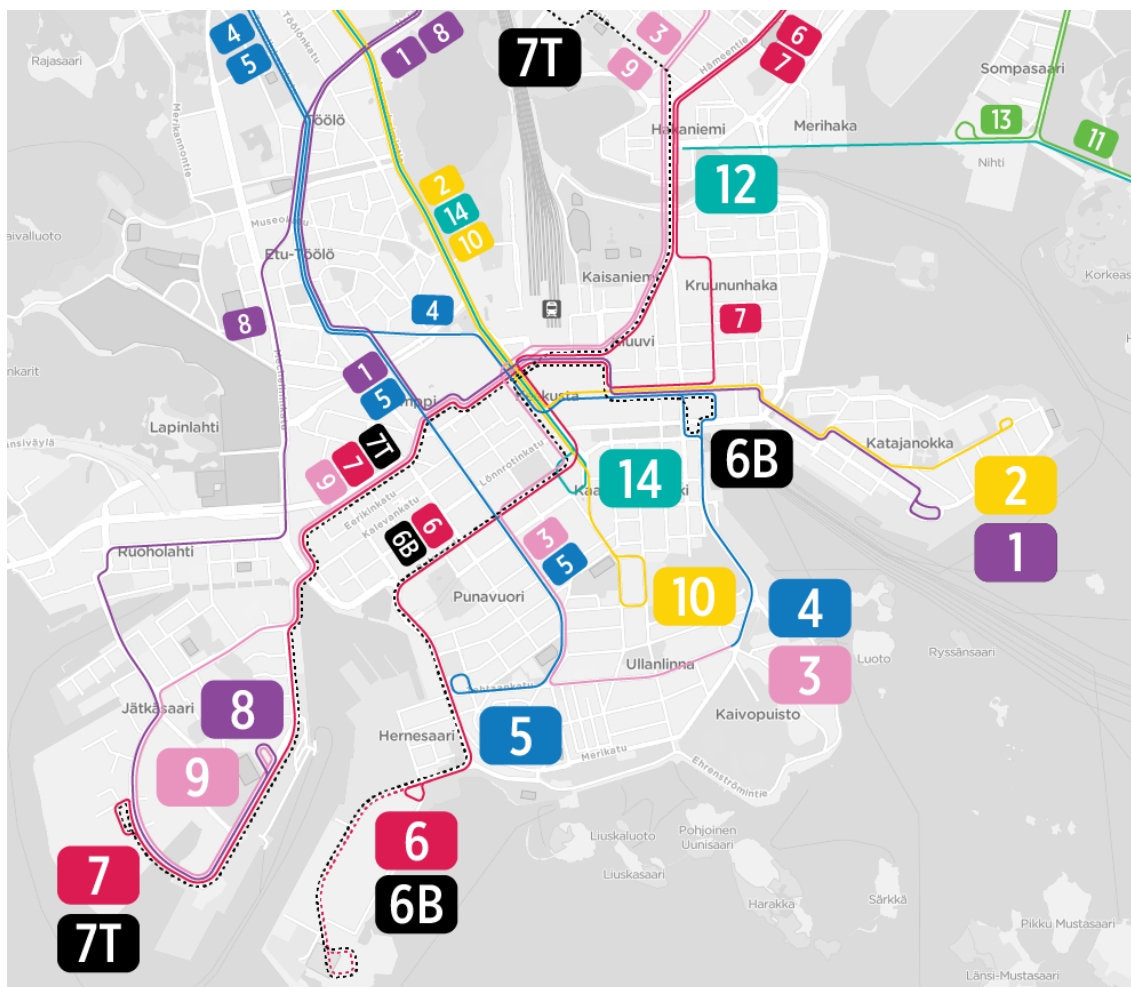
Nykytilanteessa Hernesaaren suunnasta ei ole raideyhteyttä Fredrikinkadulle. Telakkakadulta ei todennäköisesti voi toteuttaa käännoästä Tehtaankadulle liittymän ahtauden takia. Toisaalta käännoä Bulevardilta Fredrikinkadulle lienee mahdollinen toteuttaa Länsi-Helsingin raitiotiet -hankkeen yhteydessä.

Jos edellä esitetyt arviot vaihdeyhteyksien toteuttamismahdollisuuksista pitävät paikkansa, Kampin ja Hernesaaren välistä linjaa tulee liikennöidä eri reittejä eri suuntiin: Laivurinkadun ja Tehtaankadun kautta etelän suuntaan ja Hietalahdenrannan sekä Bulevardin kautta pohjoisen suuntaan. Tällainen linja ei ole hyväksyttävä ratkaisu, kun eri suuntien pysäkit sijaitsevat kaukana toisistaan. Linjan käytettävyys Punavuorella on heikko, vaikka pidemmällä matkalla Punavuoren läpi linja mahdollistaakin monipuolisemman matkustajapalvelun.

Kaksi uutta linjaa 6B ja 7T

Toinen vaihtoehtoinen linjastoratkaisu sisältää kaksi uutta linjaa: uuden linjan 7T lisäksi uusi linja 6B, joka vahvistaa Hernesaaren palvelua. Linjakartta on esitetty kuvassa 4. Keskeisimmät muutokset valittuun linjastoratkaisuun ovat seuraavat:

- Linjan 1 reitti toteutuu kuten hankevaihtoehdossa Töölö–Kamppi–Rautatieasema–Katajanokan terminaali.
- Linjan 6B reitti on Hernesaari–Bulevardi–Rautatieasema–Kauppatori.
- Linja 7T käännetään Katajanokan sijaan Kallioon Kaisaniemenkadun kautta.



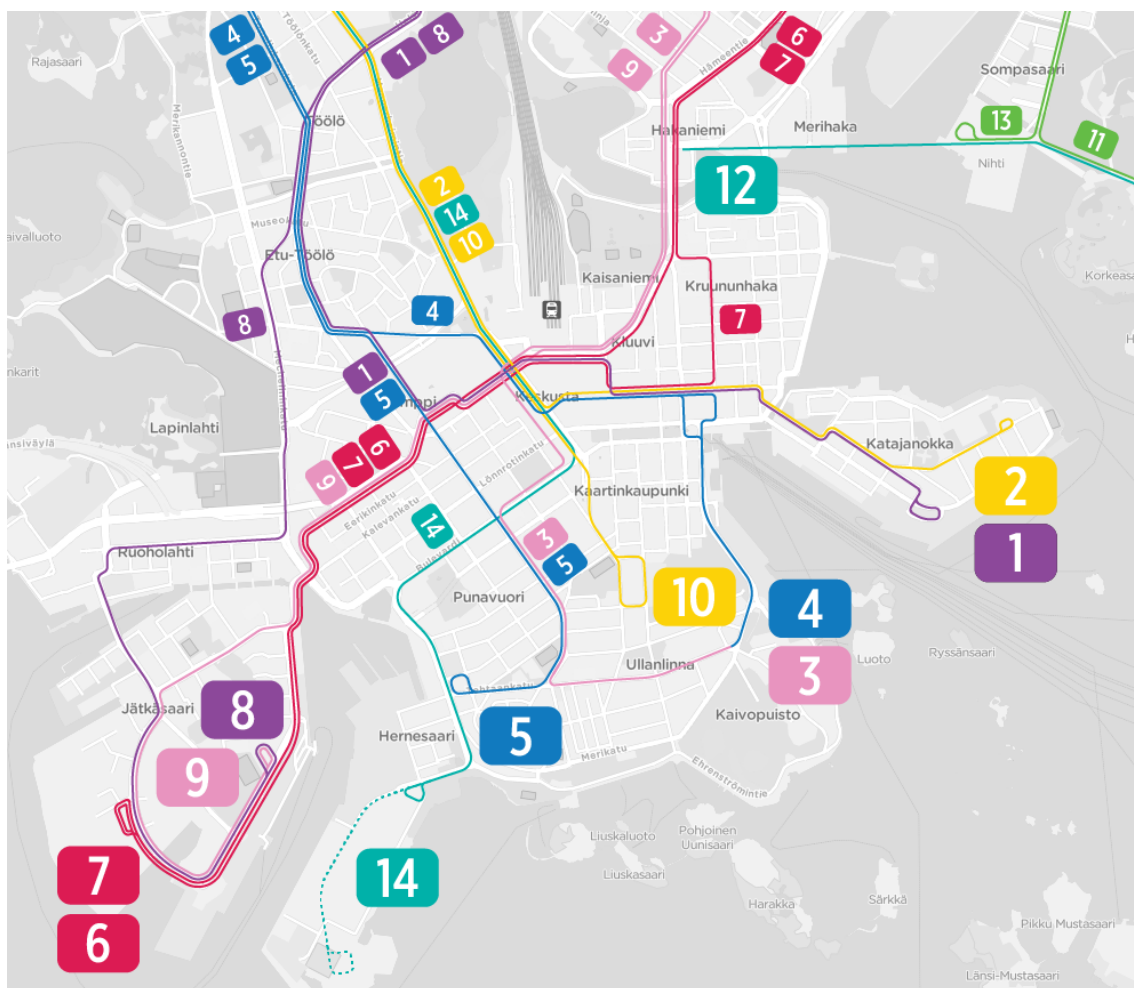
Kuva 4. Vertailuvaihtoehdon vaihtoehtoinen ratkaisu, jossa on perustettu kaksi uutta raitiolinjaa.

Linjastoratkaisun keskeisenä etuna on se, että sen palvelutaso vastaa paremmin hankevaihtoehdon palvelutasoa. Raitiiliikennettä Rautatieaseman ja Hakaniemen välillä on lisätty eikä linjaa 1 ole jouduttu muuttamaan.

Ratkaisulla on toisaalta useita haasteita, joiden takia se on hylätty. Ratkaisu on kokonaisuudessaan kömpelö, kun keskustaan päättyy useita raitiolinjoja eri suunnista, mikä kasvattaa kalustotarvetta ja synnyttää pulaa häiriötilanteiden käänköpaikoista. Linjojen 6B ja 7T reittiosuudet Rautatieaseman itäpuolella todennäköisesti kuormittuvat heikosti. Mikonkadun vuorosuuntaisen rataosuuden linjakapasiteetti ylittyy, kun kadulle on suunniteltu kolme raitiolinjaa. Kaivokadun pysäkin hyvä toimivuus edellyttää neliraiteista ratkaisua, jossa Mikonkadun ja Kaisaniemenkadun suuntien linjoilla on omat pysäkkilaiturit. Simonkadun ja Kaisaniemenkadun pysäkkien toimivuus heikentyy lähes vastaavalla tavalla kuin hankevaihtoehdossa.

Vihdintien pikaraitiotie Hernesaareen

Kolmannessa vaihtoehdoisessa linjastoratkaisussa Vihdintien pikaraitiolinja 14 jatketaan Hernesaareen. Tämä mahdollistaa linjan 6 kääntämisen Jätkäsaareen, mikä vuorostaan poistaa tarpeen perustaa valitun ratkaisun linja 7T. Ratkaisun etuna on linjaston tehostuminen, kun linjojen määrä laskee. Ratkaisun linjakartta esitetään kuvassa 5.



Kuva 5. Vertailuvaihtoehdon vaihtoehtoinen linjastoratkaisu, jossa linja 14 on jatkettu Hernesaareen.

Ratkaisulla on toisaalta useita haasteita, joiden takia sitä ei ole valittu tässä työssä käytettäväksi vertailuvaihtoehdon linjastoksi. Hernesaaren palvelutaso heikentyy, kun linjan 14 vuoroväli ja matkustajakapasiteetti (7,5 min välein 35 m pikaraitiovaunu) on heikompi kuin valitulla ratkaisulla (5 min välein 30 m kaupunkiraitiovaunu). Pikaraitiolinjan jatkaminen Hernesaareen edellyttää Bulevardin raitioinfran merkittävää kehitystä, jotta pikaraitiolinjaa voisi liikennöidä riittävän sujuvasti ja täsmällisesti ja jonka suunnittelu vaatisi käytännössä omaa hankettaan. Lisäksi linjan 6 käänkö Jätkäsaareen heikentää linjaston monipuolisuutta, kun molemmat Hämeentien eteläpään linjat kulkevat samaan paikkaan eikä linjan Kalevankatu–Aleksanterinkatu eteläpuolelta ole lainkaan vaihdottomia yhteyksiä Hämeentien suuntaan.

2.5. Raitioliikenteen operointikustannukset

Raitioliikenteen operointikustannukset on arvioinut HSL. Raitioliikenteen operointikustannukset on arvioitu perustuen HSL:n ja Kaupunkiliikenne Oy:n sopimukseen kaupunkiraitioliikenteen operoinnista vuodesta 2025 alkaen. Kaupunkiraitioliikenteen yksikkökustannukset ovat 1,94 €/km ja 44,48 €/h. Pikaraitioliikenteen tuntikustannus on sama, mutta kilometrikustannus on skaalattu kaluston pituuden suhteessa: 2,238 €/km. Raitioliikenteen kilometrikustannukset sisältävät raitioliikenteen sähkönkulutuksen sekä raitiovaunujen siivous-, huolto- ja korjauskustannukset, kun taas tuntikustannukset sisältävät raitiovaunujen kuljettajien palkkakustannukset.

Kustannukset on arvioitu linjojen 1, 3, 6, 7(T), 8, 9, 11, 12 ja 13 osalta. Muilla raitiolinjoilla ei ole eroja hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä. Arvioidut suoritteet on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Hanke- ja vertailuvaihtoehdon vuosittaiset suoritteet.

Suoritteet	Hankevaihtoehto	Vertailuvaihtoehto
Kaupunkiraitioliikenne	5 679 515 km 335 710 h	5 265 067 km 375 710 h
Pikaraitioliikenne	1 454 304 km 86 441 h	1 606 548 km 98 857 h
Kaikki raitioliikenne	6 962 790 km 471 169 h	6 871 615 km 474 567 h

Raitioliikenteen muut kustannukset sisältyvät kiinteisiin kustannuksiin, jotka ovat pääosin muuttumattomia hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä. Molempien vaihtoehtojen kiinteät kustannukset ovat 7,525 miljoonaa euroa vuodessa. Poikkeuksen muodostaa hankevaihtoehdon hieman suurempi kalustotarve. Kalustotarpeen arvioinnissa oletettu pikaraitiovaunujen käyttö kaupunkiraitiolinjoilla on huomioitu jyvittämällä pikaraitiovaunuilla ajatut kaupunkiraitiolinjojen suoritteet pikaraitioliikenteen suoritteiksi.

Pikaraitiovaunukaluston tehokas käyttö huomioiden hankevaihtoehto edellyttää kahta kaupunkiraitiovaunua enemmän kuin vertailuvaihtoehto. Näiden kahden vaunun vuosittaiset pääomakustannukset on arvioitu 3 500 000 € hankintahinnasta, joka poistetaan 3,5 % korolla 30 vuoden aikana, jolloin pääomakustannus on 190 000 €/vuosi/vaunu.

Hankevaihtoehdon suurempi kalustotarve heijastuu myös raitioliikenteen varikkotarpeeseen, jonka kustannusvaikutus on arvioitu karkealla tarkkuustasolla. Yksityiskohtainen tarkastelu kantakaupungin varikkojen kapasiteetista ei ole mielekästä tämän yleissuunnitelman tarkkuustasolla, kun on käynnissä useista eri raitioliikenteen varikkokapasiteettiin vaikuttavia hankkeita. Kantakaupungin varikkojen vuosittaiset pääoma- ja käyttökustannukset ovat arviolta 30 miljoonaa euroa vuodessa ja varikoilla on yhteensä noin 6 000 metriä säilytyskapasiteettia. Yhden raidemetrin vuosittainen kustannus on siten arviolta 5 000 €/vuosi. Tällä perusteella arvioidaan, että kahden 30 metriä pitkän kaupunkiraitiovaunun laskennalliset lisäkustannukset kantakaupungin varikoihin on 300 000 €/vuosi.

Yhteenveto hanke- ja vertailuvaihtoehdon kustannuksista esitetään taulukossa 7. Hankevaihtoehdon liikennöinti on 650 000 €/v kalliimpaa kuin vertailuvaihtoehdon linjaston liikennöinti.

Muihin pikaraitiohankkeisiin verrattuna vaihtoehtojen välinen ero operointikustannuksissa on poikkeuksellisen pieni. Esimerkiksi Vantaan ratikan hankesuunnitelmassa liikennöintikustannusten arvioidaan kasvavan noin 10 miljoonalla eurolla vuosittain hankkeen myötä. Länsi-Helsingin raitioteiden hankesuunnitelmassa liikennöintikustannusten arvioitu kasvu on 0,4–2,8 miljoonaa euroa/vuosi.

Taulukko 7. Hanke- ja vertailuvaihtoehdon vuosittaiset kustannukset vuoden 2020 hintatasossa.

	Hankevaihtoehto	Vertailuvaihtoehto
Kilometrikustannukset	14 070 000 €/v	13 950 000 €/v
Tuntikustannukset	20 960 000 €/v	21 110 000 €/v
Kiinteät kustannukset	7 525 000 €/v	7 525 000 €/v
Vaunukustannukset	13 820 000 €/v	13 440 000 €/v
Varikkokustannukset	+ 300 000 €/v	vertailuvaihtoehto
Yhteensä	56 675 000 €/v	56 025 000 €/v

2.6. Raitioliikenteen simulointitarkastelu

Hanke- ja vertailuvaihtoehdon raitioliikenteen sujuvuutta on tarkasteltu simuloimalla raitioverkon toimivuutta kokonaisuutena. Simuloinnissa raitioverkon keskeiseksi pullonkaulaksi nousee pysäkit, joten niiden kuvaamiseen on kiinnitetty erityistä huomiota. Työssä käytetyllä simulointimallilla on aikaisemmin tarkasteltu HSL:n raitioliikenteen linjastosuunnitelmien toimivuutta.

Raitioverkon kapasiteetin ongelmakohtia on hankala kuvata yksin aikataulujen perusteella, kun verkolla kulkee yhtäaikaisesti karkeasti noin sata raitiovaunua. Niiden kulku viivästyy liikennevaloissa ja pysäkeillä osittain satunnaisesti, jolloin vuorojen saapumisessa pysäkeille on merkittävää hajontaa. Tiheästi kulkevat raitiovaunut saattavat myös edelleen hidastaa toisiaan, mikä aiheuttaa hajonnan kasvun noidankehän.

Simulointitarkastelun tavoitteena on tunnistaa hanke- ja vertailuvaihtoehtojen väliset erot pysäkkien toimivuudessa. Lisäksi hankevaihtoehdosta on laadittu kaksi herkkyystarkastelua. Vaihtoehdot ovat kokonaisuudessaan seuraavat:

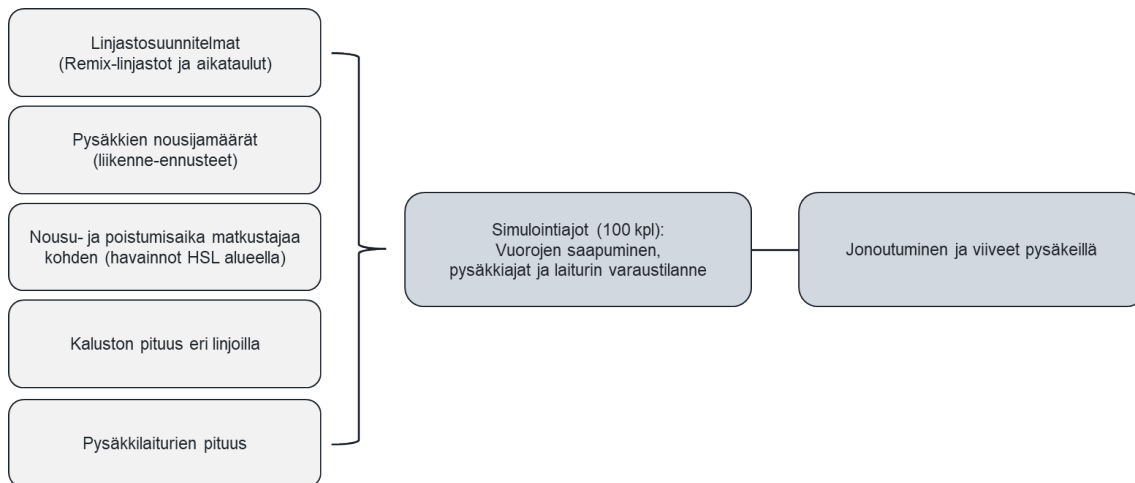
- VE0+, vertailuvaihtoehto
- VE1, päähankevaihtoehto
- VE1 45 m, hankevaihtoehdon herkkyystarkastelu, jossa pikaraitiovaunut ovat 10 metriä pidempiä kuin päävaihtoehdossa
- VE1 Kaivokatu suppea, hankevaihtoehdon herkkyystarkastelu, jossa Kaivokadulla on vain kahden laiturin pysäkki, kun päävaihtoehdossa laitureita on neljä

Simulointitarkastelun menetelmä

Simulointi perustuu seuraaviin oletuksiin:

- Simulointimallissa jokaisen raitiovaunun kulku verkolla mallinnetaan erikseen.
- Raitiovaunut käyttävät yhteistä raideverkkoa ja vaikuttavat toistensa mahdollisuuksiin liikkua verkolla ja pysäkeillä.
- Jokaisen raitiovaunun ajo- ja pysäkkiajat vaihtelevat satunnaisesti havaittujen aikojen sallimissa vaihteluväleissä. Ajo- ja pysäkkiaikojen jakaumat lasketaan nykyisen verkon osuuksille HFP-datan pohjalta ja tuleville osuuksille on tehty nykytilanteen tietoihin perustuvat arviot.
- Simulointiin on kuvattu jokaisen pysäkkilaiturin pituus ja linjan vaunujen pituus. Pysäkillä saapuvat vaunut varaavat pituuden määrittämän osan pysäkkilaiturista ja voivat siten estää saapumisen pysäkillä.
- Raitiovaunut eivät voi ohittaa toisiaan pysäkeillä tai pysäkkiväleillä.
- Kaupunkiraitiovaunun pituus on 30 metriä ja pikaraitiovaunun pituus on 35 tai 45 metriä.

Simulointimallin rakenne on esitetty kuvassa 6. Simulointimalli tarkastelee vuorojen saapumista pysäkeille ja pitää kirjaa pysäkkien varaustilanteesta, huomioiden eri linjojen vuorovälit, aikataulut, pysäkkiajat ja kalustokoot. Malliin kuvataan keskeiset kapasiteetin osatekijät: pysäkkilaiturin pituus, eri linjojen raitiovaunujen pituudet, linjojen ajoaikojen jakauma ja pysäkkiaikojen jakauma. Pysäkkien välillä vuorot kulkevat reaaliaikadatatista saatujen jakaumien mukaisilla ajonopeuksilla, siten että jokaisella vuorolla ajoaika on hieman erilainen. Pysäkkiajat taas ovat riippuvaisia pysäkin nousijoista ja poistujista, jotka käyttävät aikaa nousemiseen ja poistumiseen.



Kuva 6. Raitioverkon toimivuuden simulointimallin rakenne.

Pysäkkiaikojen mallinnus on keskeisessä roolissa, sillä pysäkeillä syntyy keskeisimmät kapasiteettiongelmat, kun raitiovaunut voivat joutua jonottamaan laiturille pääsyä. Simuloinnissa raitiovaunu varaa pysäkkiä kokonaisuudessaan vaunun pysähtymisen ja liikkeellelähdön välisen ajan. Pysäkkiaika koostuu datan pohjalta kahdesta osatekijästä:

Nousuaika, joka määräytyy pysäkin ja linjan nousija- ja poistujamääristä. Nousuaika kuvataan malliin Helmet-liikennemallilla ennustettujen matkustajamäärien perusteella (nousija- ja poistujamäärät pysäkki- ja linjakohtaisesti). Nousuaika on määritetty nykytilanteen perusteella HFP-datan aikavälillä ovien avautumisesta niiden sulkeutumiseen. Nousuaikaa voi kuvata suhteellisen hyvin lineaarisella mallilla, jonka selittävinä tekijöinä on nousijat ja poistujat:

$$\text{Nousuaika (s)} = 9 + 0,75 \times \text{Nousijat} + 0,4 \times \text{Poistujat}$$

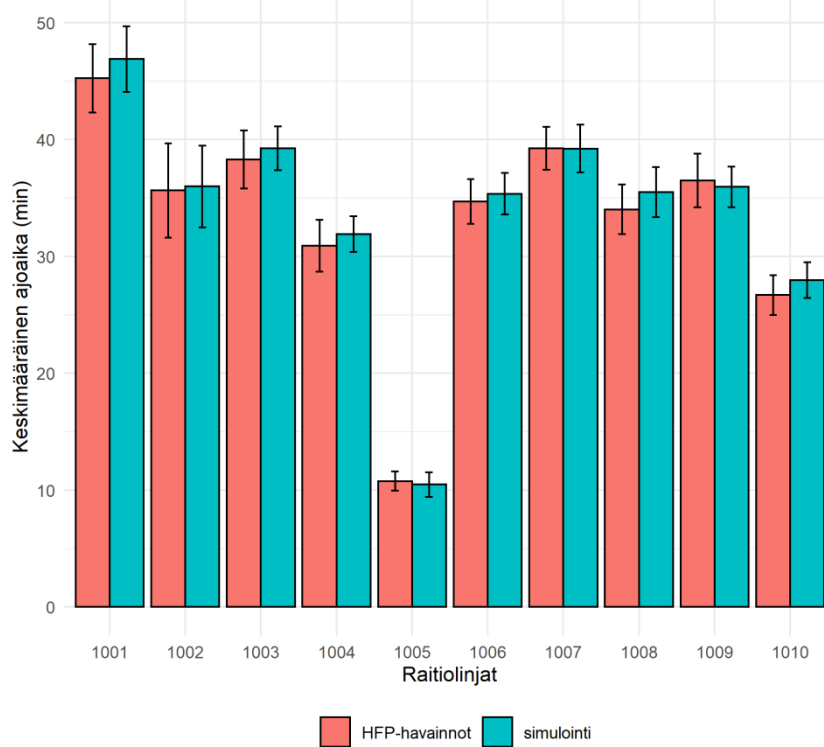
Muu aika, joka kuvaa pysäkkiä seuraavien liikennevalojen aiheuttamaa viivettä pysäkkiaikoihin. Muu aika kuvataan simuloinnissa satunnaisena lisänä pysäkkiaikaan. Muu pysäkkiaika on määritetty Raitioliikenteen viivetutkimuksen (HSL 2017) ajoaikamittausten perusteella. Jos pysäkin jälkeen ei ole liikennevaloja, muu aika -viivettä ei mallinneta. Jos pysäkin jälkeen on liikennevalot, mallinnuksessa on 35 % mahdollisuus normaalijakautuneeseen viiveeseen, joka on keskimäärin 25 sekuntia ja jonka keskihajonta on 15 sekuntia.

Raitioverkon toimivuutta simuloidaan sata kertaa aamuruuhkassa siten, että ennen tarkasteltavaa aamun huipputuntia verkon annetaan täyttyä kaksi tuntia raitioliikenteestä. Simulointitulokset esitetään sadan simulointikierroksen keskiarvoina. Simulointimallin keskeisen tulos on pysäkkille vuoroa jonottavien raitiovaunujen määrä ja jonottamisesta aiheutuvia viiveet.

Mallin validointi on toteutettu vertaamalla nykytilanteen simulointia HFP-havaintoihin. Kuvassa 7 on verrattu simuloituja matka-aikoja toteumaan. Simulointimalli toteuttaa nykylinjaston havaitut ajoajat ja niiden hajonnan riittävän tarkasti, erityisesti mallin kannalta kiinnostavan ajoajan hajonnan osalta. Kuvassa 8 on verrattu simuloituja pysäkkiaikoja toteumaan. Simulointimalli toistaa nykylinjaston havaitut pysäkkiajat riittävällä tarkkuudella. Lisäksi pysäkkiajat muodostavat kokonaisuudessaan yhtä suuren osan linjan ajoajoista (18 %) kuin raitioliikenteen viivetutkimuksessa on havaittu (21 %) (HSL 2017).

Raitiolinjojen keskim. ajoajat ja niiden keskihajonta

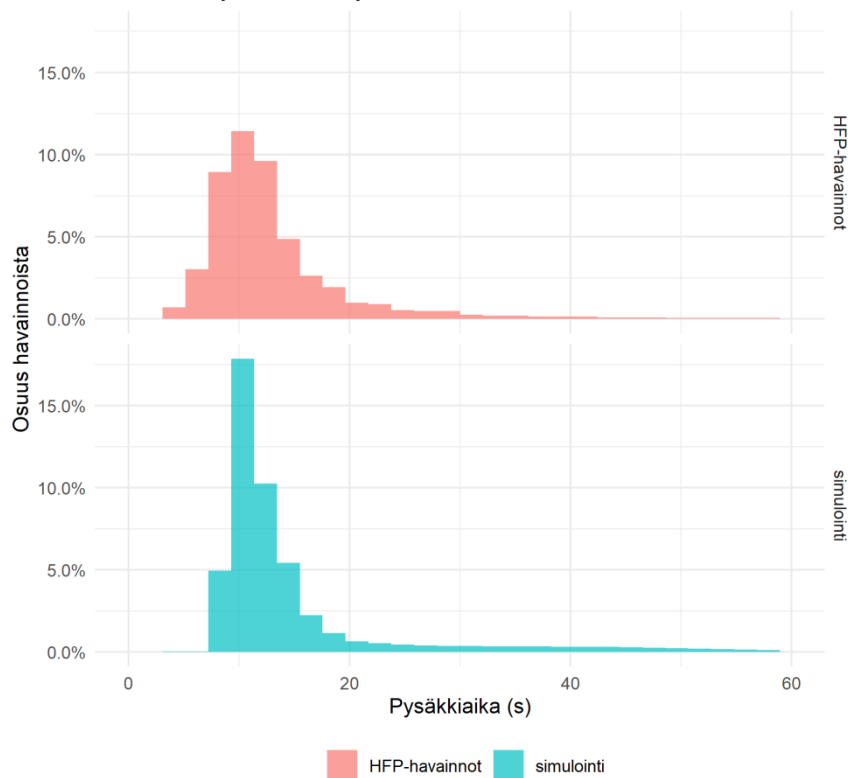
Simulointi ja havainnot



Kuva 7. Raitiolinjojen keskimääräiset ajoajat ja niiden keskihajonta. Pylväät esittävät ajoaikoja ja viivat ajoajan keskihajontaa.

Raitiolinjojen pysäkki-aikojen jakauma

Simuloinnin ajoaikatulokset ja havainnot



Kuva 8. Raitiolinjojen pysäkki-aikojen jakauma.

Simulointitarkastelun rajauksia ja puutteita

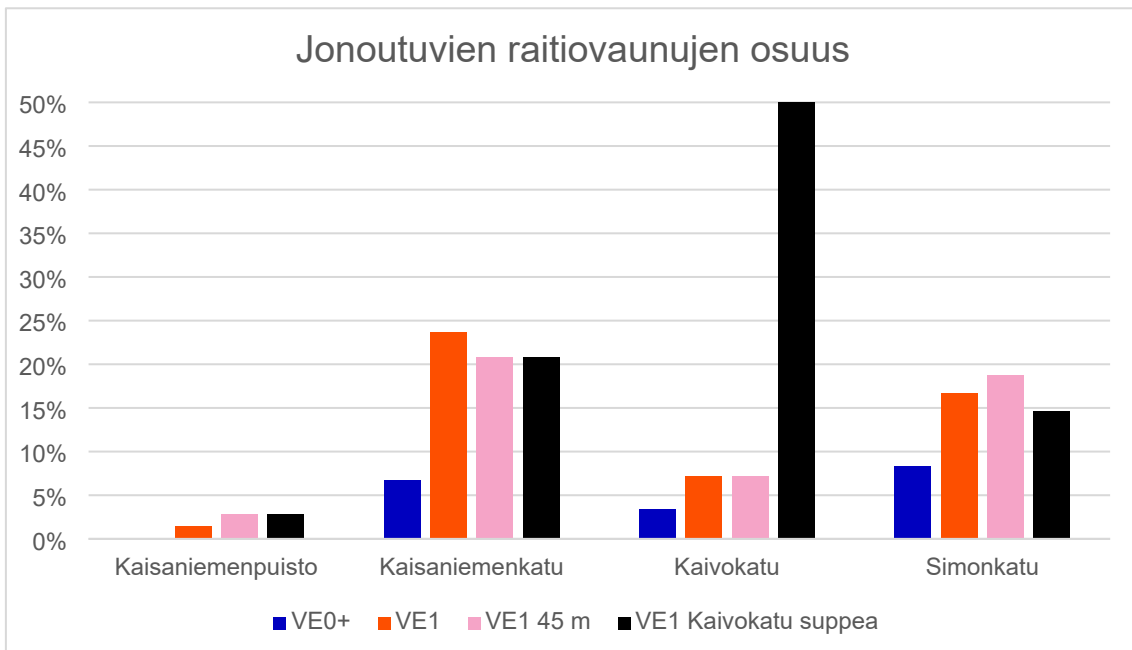
Simulointitarkastelun tuloksia tulkittaessa on hyvää tunnistaa tarkastelun rajauksia tai puutteita, vaikka niiden vaikutuksien mallinnuksen tuloksiin arvioidaan olevan vähäisiä:

- Mallinnuksen aikataulusuunnittelu on laadittu hyvin karkealla tarkkuustasolla. Mallinnuksen tuloksesta on tunnistettu joitakin pysäkkejä, jossa epätarkka aikataulusuunnittelu on johtanut siihen, että mallinnetut raitiovaunut saapuvat pysäkillä peräkkäin, eikä pysäkkikapasiteetti ole siten optimaalisessa käytössä. Mallinnuksen tarkkuutta voi parantaa tarkemmalla aikataulusuunnittelulla.
- Mallinnuksessa Kaivokadun nelilaituriselle pysäkillä jonoutuvat vuorot estävät raitiovaunujen kulun ainoastaan jonoutuneelle laiturille, vaikka estevaikutus olisi todellisuudessa molemmille saman suunnan laitureille. Tällä heijastevaikutuksen puuttumisella ei ole kuitenkaan suurta merkitystä, kun laiturit eivät itsessään merkittävästi jonoudu.
- Mallinnuksessa pysäkillä ei mahdu kahta raitiovaunua, jos niiden yhteispituus on metrikkin yli pysäkkilaiturin pituuden, vaikka käytännössä kuljettajat todennäköisesti ajaisivat pysäkillä pienestä ylityksestä huolimatta.
- Suuren nousijamäärän pysäkeillä mallinnetut pysäkkiajat ovat toisinaan todella pitkiä. Mallinnus voi antaa hieman liian pessimistisen kuvan ruuhkaisimpien pysäkkien toimivuudesta.
- Linjoilla, joilla liikennöidään osin kaupunkiraitiovaunuilla ja osin pikaraitiovaunuilla, on mallinnettu liikennöitävän täysin kaupunkiraitiovaunuilla. Mallinnus antaa näiden linjojen käyttämien pysäkkien osalta hieman liian optimistisen kuvan niiden toimivuudesta.

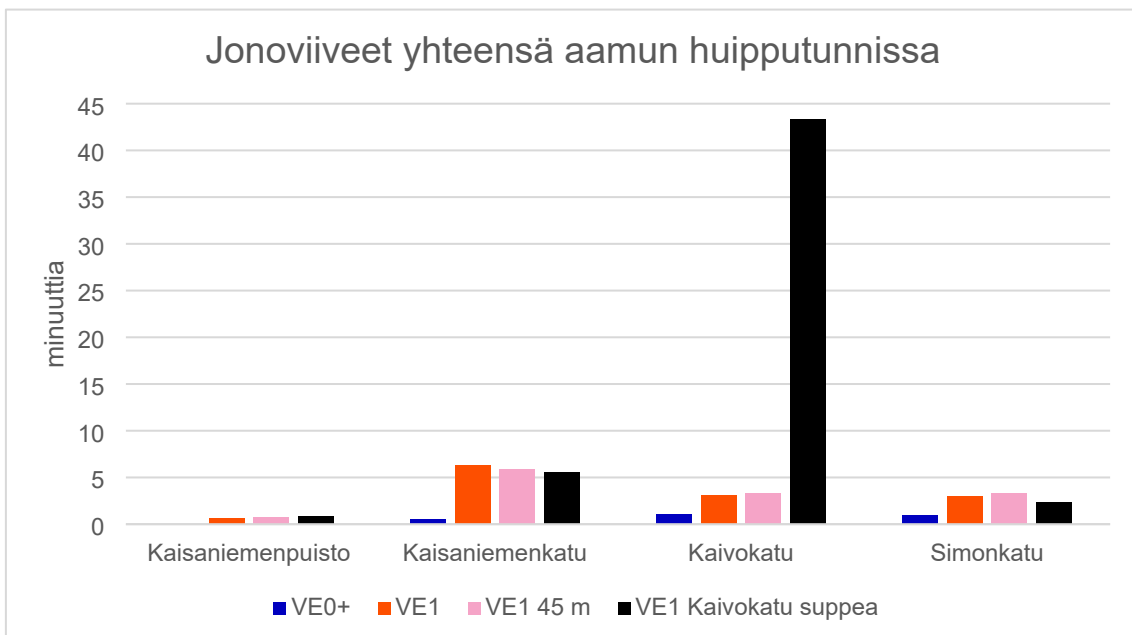
Simulointitarkastelun tulokset

Seuraavilla sivuilla simulointitarkastelun tuloksia on esitetty tarkemmin neljän pysäkin osalta: Kaisaniemenpuisto, Kaisaniemenkatu, Kaivokatu ja Simonkatu. Muilla pysäkeillä ei simuloinnin mukaan ole merkityksellisiä eroja eri vaihtoehtojen välillä. Pientä osaa tuloksien vaihtelusta selittää mallin satunnaisvaihtelu. Koonti neljän mielenkiintoisen pysäkin tuloksista on esitetty kuvissa 9, 10 ja 11.

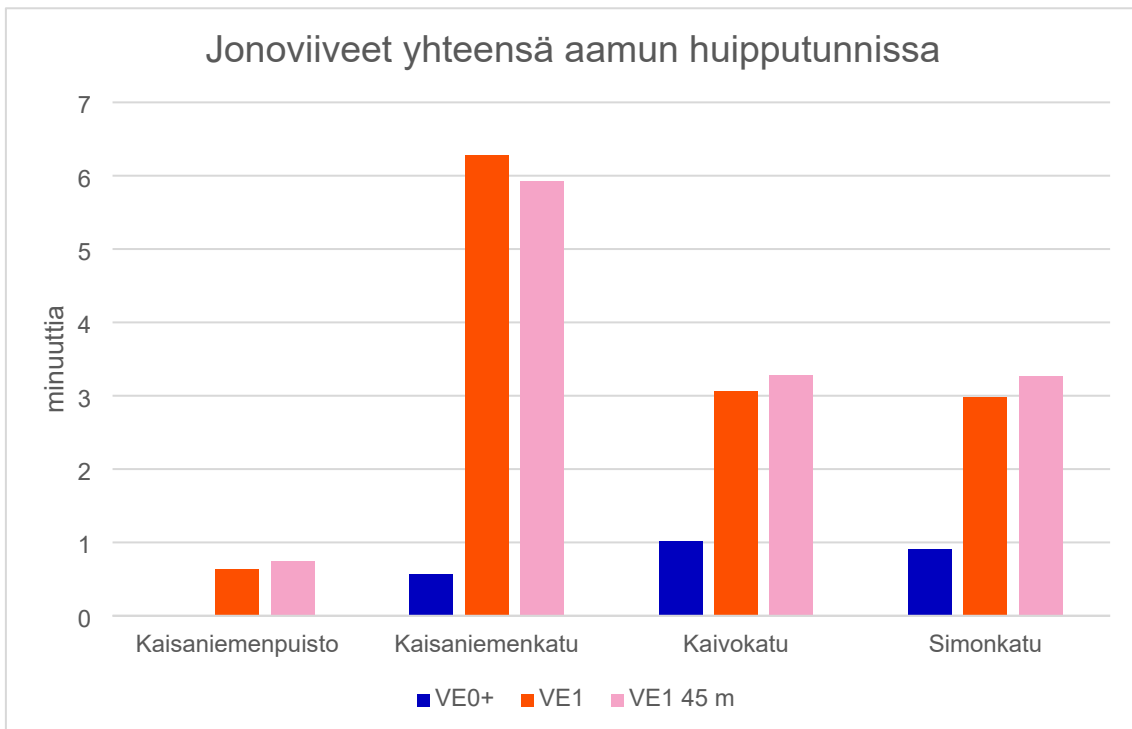
Mainittujen pysäkkien lisäksi vaihtoehtojen välillä on pieni ero Lasipalatsin pysäkillä hankevaihtoehdon hyväksi. Hankevaihtoehdossa raitioliikenteen jonoutuminen on harvaa (noin 5 % raitiovaunuista jonoutuu), kun taas vertailuvaihtoehdossa jonoutumista tapahtuu toisinaan (noin 10 % raitiovaunuista jonoutuu). Ero perustuu siihen, että vertailuvaihtoehdossa pysäkillä on yksi kaupunkiraitiolinja enemmän kuin hankevaihtoehdossa. Pysäkki on mallinnettu 75 metriä pitkänä pysäkkinä, vaikka mallinnetun liikenteen kannalta 65 metriä on riittävä pysäkin pituus. Ero vaihtoehtojen välillä on kokonaiskuvan kannalta vähäinen.



Kuva 9. Jonoutuvien raitiovaunujen osuus eri vaihtoehdoissa keskeisimmillä pysäkeillä.



Kuva 10. Jonoviiveiden summa aamun huipputunnissa eri vaihtoehdoissa keskeisimmillä pysäkeillä, sisältäen Kaivokadun supistetun ratkaisun herkkystarkastelu.



Kuva 11. Jonoviiveiden summa aamun huipputunnissa eri vaihtoehdoissa keskeisimmillä pysäkeillä, pois lukien Kaivokadun supistetun laituriratkaisun herkkystarkastelu.

Kaisaniemenpuiston pysäkki on mallinnettu 76 metriä pitkänä pysäkinä, jolloin sille mahtuu samanaikaisesti kaksi kaupunkiraitiovaunua tai yksi kaupunkiraitiovaunu ja yksi pikaraitiovaunu. Hankevaihtoehdossa pysäkin läpi liikennöidään neljää kaupunkiraitiolinjaa yhden pikaraitiolinjan lisäksi, kun vertailuvaihtoehdossa on kolme kaupunkiraitiolinjaa.

Simulointitarkastelussa tapahtui pysäkin kohdalla virhe, sillä vertailuvaihtoehdossa linjan 9 vuorot etelän suuntaan eivät mallinnuksessa kirjautuneet pysäkillä. Virheen vaikutus tulosten tulkittavuuden kannalta on kuitenkin vähäinen.

Simulointitarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 8. Pysäkin toimivuus on hyvä kaikissa skenaarioissa, sillä jonoutuvia raitiovaunuja on harvakseltaan (alle 5 %). Pysäkin pituus, joka mahdollistaa kahden raitiovaunun pysähdyksen, on raitiliikenteen määrään nähden riittävä jopa silloin, kun pikaraitiolinjaa liikennöidään 45 metriä pitkällä raitiovaunuilla.

Taulukko 8. Simulointitarkastelun tulokset Kaisaniemenpuiston pysäkillä.

Kaisaniemenpuisto	VE0+	VE1	VE1 + 45 m kalusto
<i>Vuoromäärä (per suunta)</i>	18	36	36
<i>Jonoutuvia vuoroja (suunnat yht.)</i>	0	1	2
<i>Jonoutuvien vuorojen osuus</i>	0 %	1 %	3 %
<i>Pysäkkiaika keskimäärin</i>	26 s	26 s	27 s
<i>Keskimääräinen jonoviive jonoutuvilla vuoroilla</i>	0 s	38 s	22 s

Kaisaniemenkadun pysäkki on mallinnettu 55 metriä pitkänä pysäkinä, jolloin simuloinnissa sille mahtuu samanaikaisesti yksi raitiovaunu. Käytännössä nykytilanteessa pysäkillä mahtuu kaksi kaupunkiraitiovaunua samaan aikaan siten, että pysäkin takaosassa jälkimmäisen raitiovaunun perä ulottuu suojatien päälle ja pysäkin etu- ja takareunoja lähinnä olevat ovet

eivät sijaitse pysäkkikorokkeen alueella. Pysäkin simulointitarkastelu on siten hieman pessimistinen erityisesti vertailuvaihtoehdon osalta, kun malli ei tunne osittaista pysähtymistä pysäkkialueelle.

Hankevaihtoehdossa pysäkin läpi liikennöidään neljää kaupunkiraitiolinjaa yhden pikaraitiolinjan lisäksi, kun vertailuvaihtoehdossa on kolme kaupunkiraitiolinjaa.

Simulointitarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 9. Pysäkin toimivuus on heikkoa erityisesti hankevaihtoehdossa, sillä raitiovaunut jonoutuvat säännöllisesti (20–25 %). Jonoutumista tapahtuu kaikilla linjoilla, jolloin mallinnettua jonoutumista ei selitä esimerkiksi malliin syötetyt aikataulut. Pysäkin toimivuuden parantaminen hyvälle tasolle edellyttää pysäkin pidentämistä 65–75 metriin pikaraitiovaunukaluston pituuden mukaan.

Pysäkin pidentäminen on kuitenkin käytännössä hyvin hankalaa, koska pysäkin pohjoispuolinen liittymä ja eteläpuolinen kaarre estävät pysäkin pidentämisen. Mikäli pidentäminen ei onnistu, raitioliikenteen hyvän sujuvuuden ja täsmällisyyden varmistaminen edellyttää pysäkin poistamista. Pysäkin poistamisella on toisaalta haitallisia vaikutuksia lähiympäristön saavutettavuuteen.

Taulukko 9. Simulointitarkastelun tulokset Kaisaniemenkadun pysäkillä.

	Kaisaniemenkatu	VE0+	VE1	VE1 + 45 m kalusto
<i>Vuoromäärä (per suunta)</i>	18	36	36	
<i>Jonoutuvia vuoroja (suunnat yht.)</i>	2	17	15	
<i>Jonoutuvien vuorojen osuus</i>	7 %	24 %	21 %	
<i>Pysäkkiaika keskimäärin</i>	19 s	20 s	20 s	
<i>Keskimääräinen jonoviive jonoutuvilla vuoroilla</i>	17 s	22 s	24 s	

Kaivokadun pysäkki on mallinnettu eri tavalla eri vaihtoehdoissa. Vertailuvaihtoehdossa ja hankevaihtoehdon herkkyytarkastelussa pysäkki on mallinnettu 60 metriä pitkänä pysäkkinä, jolloin sille mahtuu kaksi kaupunkiraitiovaunua tai yksi pikaraitiovaunu. Hankevaihtoehdossa pysäkki on mallinnettu nelilaiturisena pysäkkinä, jossa on erilliset 60 metriä pitkät laiturit pikaraitiovaunuille ja kaupunkiraitiovaunuille. Kaikissa vaihtoehdoissa pysäkin läpi liikennöidään viittä kaupunkiraitiolinjaa, minkä lisäksi hankevaihtoehdossa on yksi pikaraitiolinja.

Simulointitarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 10. Pysäkin toimivuus on hyvää tai tyydyttävää kaikissa vaihtoehdoissa paitsi herkkyytarkastelussa, jossa hankevaihtoehdon raitioliikenne toteutuu vain kahden laiturin pysäkillä. Herkkyytarkastelussa pysäkin toimivuus on erittäin heikkoa, sillä puolet vuoroista jonoutuu ja jonoutuvien vuorojen keskimääräinen jonoviive on jopa minuutin. Tarkastelun perusteella voidaan todeta, että hankevaihtoehdon raitioliikennettä ei ole mahdollista toteuttaa ilman neljän laiturin raitiopysäkkiä Kaivokadulla.

Hankevaihtoehdossa, jossa pikaraitioliikenteelle on toteutettu omat laiturit, niiden toimivuus on hyvää. Pikaraitiolinja 12 ei jonoudu, sillä se on ainoa pysäkkiä käyttävä linja. Pikaraitiolinjan erottelu omalle pysäkillä on mallinnuksen puolesta perustelua, sillä linjan mallinnetut pysäkkiajat ovat suurimmillaan jopa kaksinkertaiset kaupunkiraitiolinjojen pysäkkiaikoihin nähden. Liikenneennusteen mukaan suurin osa pikaraitiolinjan matkustajista vaihtuu Kaivokadulla, kun taas kaupunkiraitiolinjoilla suurempi osuus matkoista kulkee Kaivokadun pysäkin läpi.

Kaupunkiraitioliikenteen omien laiturien toimivuus on vertailu- ja hankevaihtoehdoissa tyydyttävää, sillä raitioliikenne jonoutuu toisinaan (5–10 %). Pysäkin toimivuutta parantaisi pysäkin pidentäminen 90 metriin, mikä mahdollistaisi kolmen raitiovaunun pysähtymisen pysäkillä. Toisaalta kolmen kaupunkiraitiovaunun pysäkin käytettävyys olisi heikkoa matkustajan näkökulmasta, kun matkustajan on vaikea ennakoita, missä kohtaa pysäkkiä raitiovaunua kannattaa odottaa. Tarkoituksenmukaisempia keinoja pysäkin toimivuuden

parantamiseen on pyrkä tehostamaan matkustajien siirtymistä vaunun ja laiturin välillä (esimerkiksi matkustajien ohjeistus päästää poistuvat matkustajat ensin ulos tai asemalaiturien leventäminen mahdollisen ruuhkaisuuden lieventämiseksi), parantaa raitoliikenteen täsmällisyyttä ja siten mahdollistaa parempi aikataulujen porrastaminen tai pysäkin läpi liikennöivien kaupunkiraitiolinjien määrän vähentäminen neljään linjaan.

Simulointimalli ei huomioi sitä, että kaupunkiraitoliikenteen laiturien jonoutuminen voi heijastua pikaraitoliikenteeseen, sillä pysäkille pääsyä jonottava kaupunkiraitiovaunu voi estää pikaraitiovaunun pääsyn pysäkillä. Kaupunkiraitiovaunujen jonoutumisen ollessa satunnaista, heijastevaikutukset pikaraitoliikenteelle lienevät pieniä. Pysäkin toimivuuden kannalta olisi kuitenkin hyvä, mikäli jatkosuunnittelussa löydetään riittävästi tilaa pysäkillä pääsyä jonottavalle kaupunkiraitiovaunulle pysäkin molemmilla puolilla.

Taulukko 10. Simulointitarkastelun tulokset Kaivokadun pysäkillä.

Kaivokatu (Rautatieasema)	VE0+	VE1	VE1 + 45 m kalusto	VE1 vain kaksi laituria
<i>Vuoromäärä (per suunta)</i>	30	42	42	42
<i>Jonoutuvia vuoroja (suunnat yht.)</i>	2	6	6	42
<i>Jonoutuvien vuorojen osuus</i>	7 %	7 %	7 %	50 %
<i>Pysäkkiaika keskimäärin</i>	47 s	57 s	57 s	58 s
<i>Keskimääräinen jonoviive jonoutuvilla vuoroilla</i>	31 s	31 s	33 s	62 s

Simonkadun pysäkki on mallinnettu 55 metriä pitkänä pysäkinä, jolloin simuloinnissa sille mahtuu samanaikaisesti yksi raitiovaunu. Pysäkit ovat nykytilanteessa jonkin verran lyhyempiä, mutta saattavat käytännössä mahdollistaa kahden raitiovaunun pysähtymisen pysäkillä siten, että jälkimmäisen raitiovaunun perä jää suojatien päälle ja vain osa raitiovaunujen ovista on pysäkkikorokkeen alueella.

Simulointitarkastelun tulokset on esitetty taulukossa 11. Pysäkin toimivuus on välttävää erityisesti hankevaihtoehdossa, sillä raitiovaunut jonoutuvat säännöllisesti (10–20 %). Mallinnettuun jonoutumiseen vaikuttaa jonkin verran se, että mallinnuksen aikatauluilla linjojen 1 ja 7 raitiovaunut Annankadulta saapuvat samoihin aikoihin pysäkillä, mikä saattaa olla vältettävissä aikataulusuunnittelulla. Pysäkin toimivuuden parantaminen hyvälle tasolle edellyttää pysäkin pidentämistä vähintään 60 metriin, mutta mieluiten 65–75 metriin pikaraitiovaunukaluston pituuden mukaan.

Pysäkin pidentäminen on kuitenkin käytännössä hyvin hankalaa, koska liittymät pysäkin molemmilla puolilla estävät pysäkin pidentämisen. Lisäksi eteläisen laiturin kohdalla on kiinteistön Simonkatu 10 sisäpihan ajoyhteys, mikä estää pysäkkikorokkeen toteutuksen koko liittymävälille. Pysäkin pidentäminen lienee mahdollista, mutta edellyttää luovia ratkaisuja. Vaihtoehtoinen ratkaisu pysäkin toimivuuden parantamiseen on vähentää pysäkin raitioliikennettä esimerkiksi kääntämällä linja 1 kulkemaan Simonkadun ja Kaivokadun sijaan Mannerheimintien kautta. Toisaalta linjastomuutos kasvattaa Mannerheimintien ruuhkaisuutta Arkadiankadun ja Aleksanterinkadun välillä ja heikentää Kampin vaihdottomia yhteyksiä. Toinen ratkaisu olisi kääntää linja 7 kulkemaan Bulevardin kautta. Toisaalta linjastomuutos kasvattaa Bulevardin ruuhkaisuutta.

Taulukko 11. Simulointitarkastelun tulokset Simonkadun pysäkillä.

	Simonkatu	VE0+	VE1	VE1 + 45 m kalusto
<i>Vuoromäärä (per suunta)</i>	18	24	24	
<i>Jonoutuvia vuoroja (suunnat yht.)</i>	3	8	9	
<i>Jonoutuvien vuorojen osuus</i>	8 %	17 %	19 %	
<i>Pysäkki aika keskimäärin</i>	19 s	23 s	23 s	
<i>Keskimääräinen jonoviive jonoutuvilla vuoroilla</i>	18 s	22 s	22 s	

Simulointitarkastelun johtopäätökset

Simulointitarkastelun perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset:

- Hankevaihtoehdon toteuttaminen edellyttää Kaivokadun pysäkillä neljän laiturin toteuttamista. Hankevaihtoehdon raitioliikenne ei mahdu kahdelle laiturille. Kahdella laiturilla joka toinen raitiovaunu joutuisi jonottamaan pääsyä pysäkillä keskimäärin minuutin.
- Hankevaihtoehdossa Kaisaniemenkadun ja Simonkadun pysäkkien toimivuus heikentyy heikolle tai välttävälle tasolle. Pysäkkien toimivuus parantuisi pysäkkien pidennyksillä, joita on kuitenkin hankala toteuttaa. Jatkosuunnittelussa on tarve tunnistaa tapoja pysäkkien toimivuuden parantamiseen.
- Pikaraitiovaunujen pituudella (35 m vs. 45 m) ei ole havaittavissa vaikutusta pysäkkien toimivuuteen. Toisaalta pidemmät vaunut kasvattavat pidennystarvetta Kaisaniemenkadun ja Simonkadun pysäkeille.

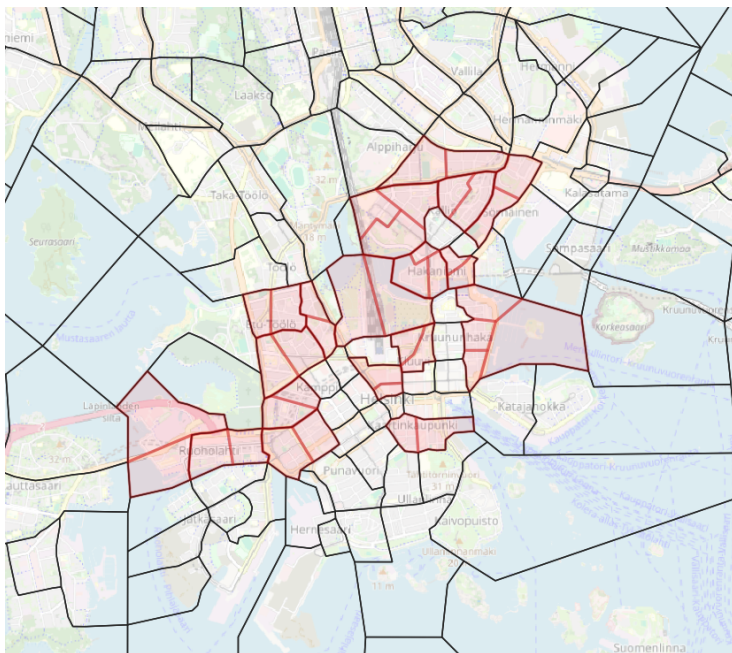
3. Liikenne-ennusteet

3.1. Menetelmä

Raitioteiden matkustajamääräennusteet sekä liikenteelliset vaikutukset on arvioitu Helsingin seudun liikenne-ennustemallia (Helmet 4.1). Liikenne-ennustemalli perustuu Helsingin seudulla tehtyjen liikkumistutkimuksien tuloksiin ja siinä mallinnetaan asukkaiden tekemien kiertomatkojen määrä, kulkutavan valinta, suuntautuminen ja reitinvalinta (HSL 2020). Mallilla tehdyt matkustajamääräennusteet huomioivat maankäytön nykyisen ja tulevan sijoittumisen sekä liikennejärjestelmän tarjoaman palvelutason eri kulkutavoilla. Sen avulla voidaan laskea eri kulkutapojen saavutettavuuteen liittyviä mittareita, jotka huomioivat koko matkaketjun ovelta ovelle. Liikennemallin tarkastelualue kattaa koko Helsingin seudun, mutta tässä työssä sitä on tarkennettu erityisesti kantakaupungin osalta. Liikenne-ennusteen avulla lasketaan hyödyt koko seudun liikennejärjestelmätasolta yhteiskuntataloudelliseen kannattavuuslaskelmaan.

3.2. Lähtötiedot

Liikenne-ennusteet on laadittu ennustevuodelle 2040. Ennusteverkkojen pohja on laadittu *Helsingin ydinkeskustan poikittaisten pääyhteyksien liikenteen vaihtoehtotarkastelu* –työssä (WSP 2024). Työn yhteydessä on tehty aluejaon tihennys, joka parantaa ennusteen tarkkuutta mm. pysäkeille kävelyn suhteen. Tihennetyt alueet on esitetty kuvassa 12 punaisella.

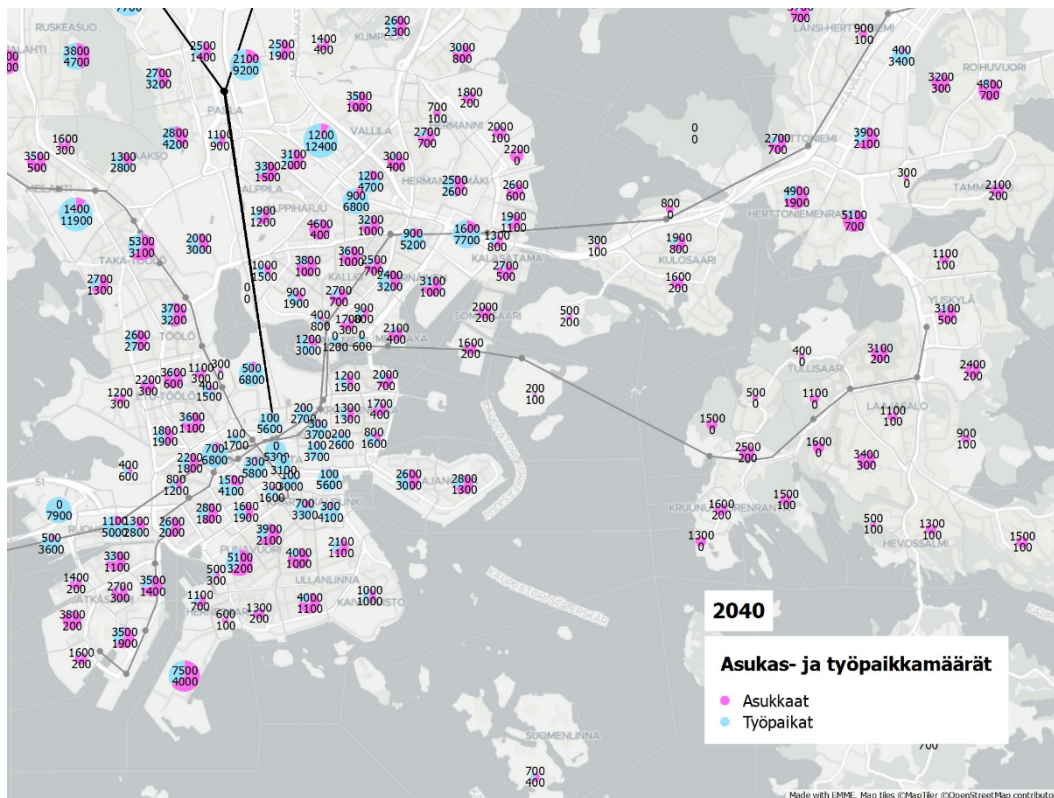


Kuva 12. Helmet-mallin aluejako ja tihennetyt alueet punaisella.

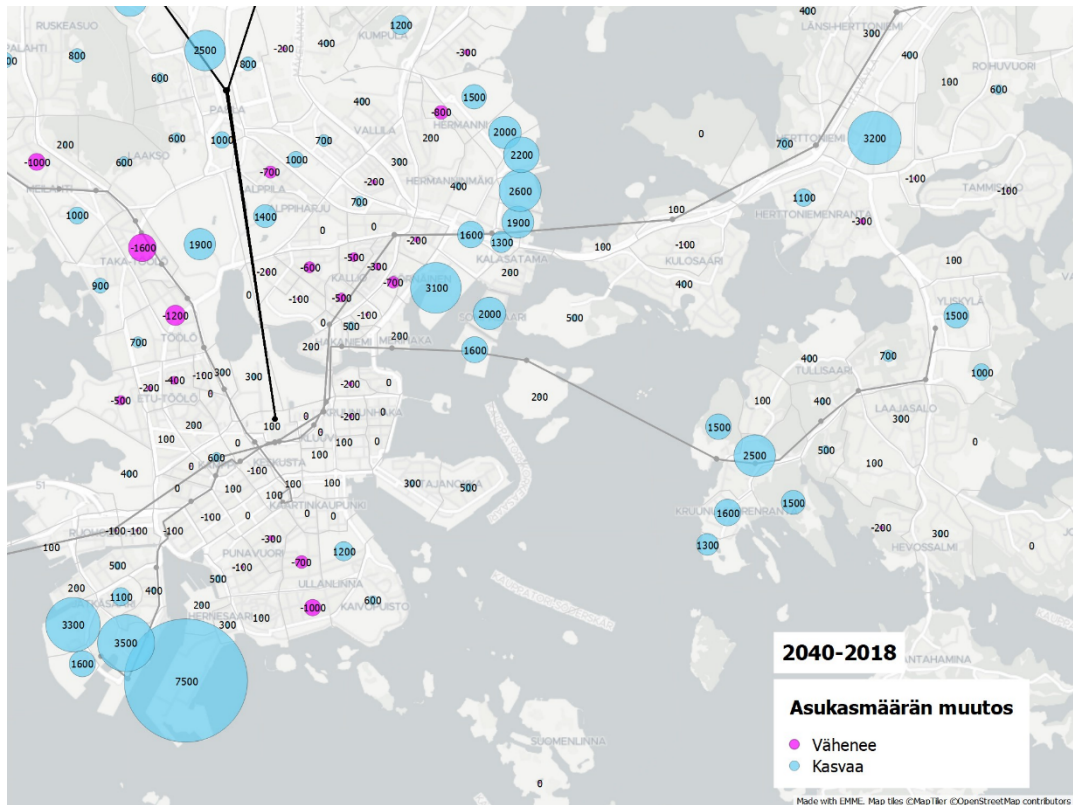
Työssä on tehty liikenne-ennusteet vertailuvaihtoehdosta (Linja 12 Hakaniemeen) ja hankevaihtoehdosta (Linja 12 Länsisatamaan). Molemmista vaihtoehdoista on taustaoletuksena, että Kaivokatu on muutettu joukkoliikennekaduksi. Joukkoliikennekatu nopeuttaa raitioliikennettä, ja tämä on huomioitu mallinnuksessa nopeuttamalla raitioliinjoja Pitkäsilta-Simonkatu välellä noin minuutilla. Nopeutus perustuu *Helsingin ydinkeskustan poikittaisten pääyhteyksien liikenteen vaihtoehtotarkastelu* (WSP 2024) -työssä laadittuihin simuloiteihin. Herkkyystarkasteluna on tutkittu vaikutukset matkustajamäärään ja hyötykustannussuhteeseen, mikäli Kaivokatu olisi auki ajoneuvoliikenteelle 1+1-kaistaisena.

Helmet-malli käyttää ennusteiden lähtötietona useita erilaisia maankäyttöä kuvaavia muuttujia, joista tärkeimpinä alueiden asukasmäärät, työpaikat (kauppa, palvelut, teollisuus) ja

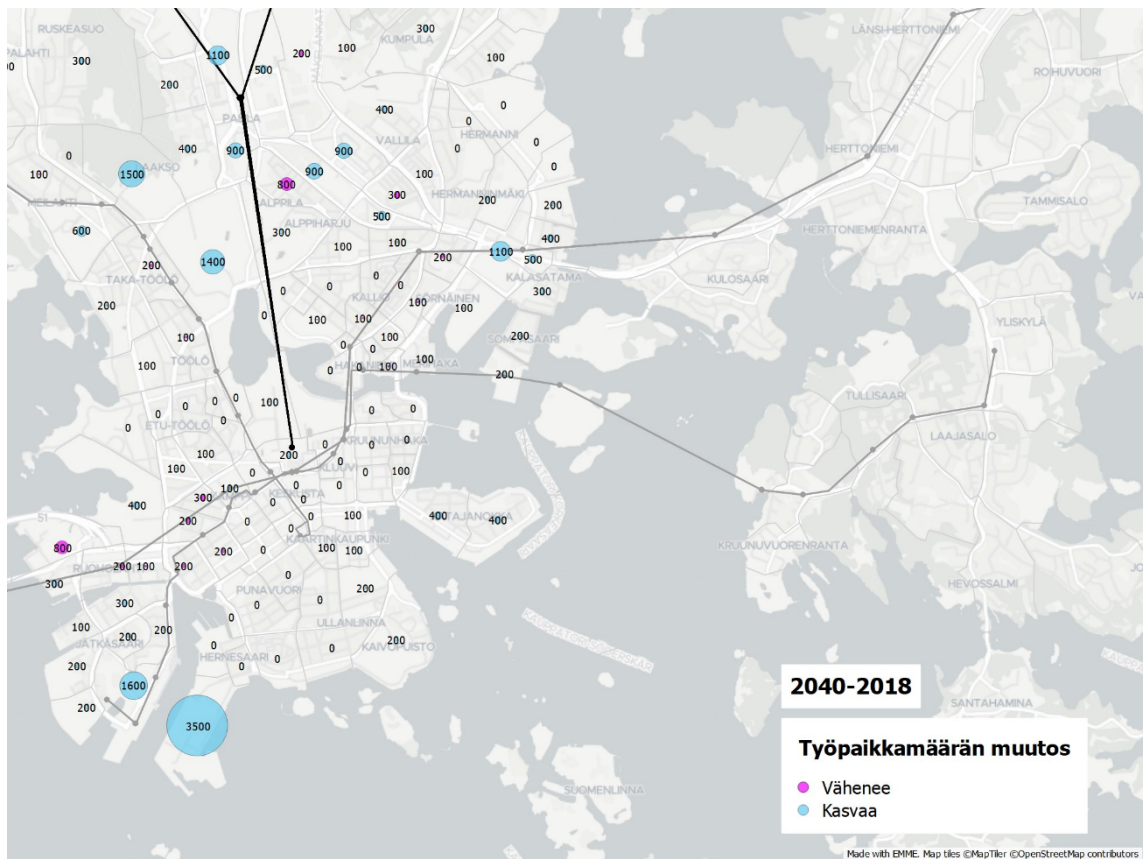
oppilaspaiikkamäärät. Ennustevuoden 2040 maankäyttö perustuu MAL2023 - suunnitelman seudulliseen asukas- ja työpaikkamäärien ennusteeseen (2040_MAL2023_ve0) (HSL 10/2022). Ainoa poikkeama MAL-suunnitelmaan on tehty Hernesaaren osalta, jossa maankäyttötiedot on päivitetty kaupungin viimeisimpien kavasuunnitelmien mukaiseksi (7500 asukasta, 4000 työpaikkaa). Maankäyttö on kaikissa sama hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä. Asukas- ja työpaikkamäärät vuoden 2040 ennusteessa on esitetty kuvassa 13 ja muutos nykytilaan verrattuna kuvissa 14 ja 15. Asukasmäärät myös laskevat joissain kaupunginosissa johtuen asumisväljyyden kasvusta.



Kuva 13. Asukas- ja työpaikkamäärät vuoden 2040 ennusteessa.



Kuva 14. Asukasmäärän muutos vuodesta 2018 vuoteen 2040



Kuva 15. Työpaikkamäärän muutos vuodesta 2018 vuoteen 2040

Liikenneverkon osalta ennustetilanteeseen on kuvattu vain sellaiset kehittämishankkeet, joista on tehty jo toteuttamispäätökset. Kaikkien skenaarioiden liikenneverkossa on mukana seuraavat kehitteillä olevat seudulliset kehittämishankkeet:

- Espoon kaupunkirata
- Länsi-Helsingin raitiotie
- Kruunusillat-raitiotie
- Vantaan ratikka
- Kalasataman raitiotie
- Sörnäisten tunneli

Taulukossa 12 on esitetty mallinnetut skenaariot. VE0+ on työn vertailuvaihtoehto ja VE1 hankevaihtoehto. Molemmista vaihtoehdoista on alavaihtoehdot A ja B, jotka poikkeavat toisistaan Kaivokadun autoliikennejärjestelyjen osalta. A-vaihtoehdoissa Kaivokadulla ei ole autoliikennettä, kun taas B-vaihtoehdossa Kaivokadulla on yhdet kaistat autoliikenteelle. Yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma on tehty vertaamalla A-skenaarioita keskenään ja B-skenaarioita keskenään. Päätulokset on esitetty skenaarioista, joissa Kaivokatu on toteutettu joukkoliikennekatuna (VE0+ A ja VE1 A). Kaivokadun toteutusta henkilöautoliikenteelle 1+1-kaistaisena on tutkittu herkkyytarkasteluna (VE0+ B ja VE1 B).

Taulukko 12. Työssä mallinnetut skenaariot.

	Skenaario	Linja 12	Kaivokatu
Perustarkastelu	VE0+ A	Yliskylä–Hakaniemi	Ratikkakatu
	VE1 A	Yliskylä– Länsisatama	
Herkkyytarkastelu	VE0+ B	Yliskylä–Hakaniemi	Yhdet kaistat autoliikenteelle
	VE1 B	Yliskylä– Länsisatama	

Liikenteen hinnoittelu ennustetilanteessa vastaa nykytilannetta ja ruuhkamaksuja ei ole mallinnuksessa mukana.

3.3. Matkustajamäärät

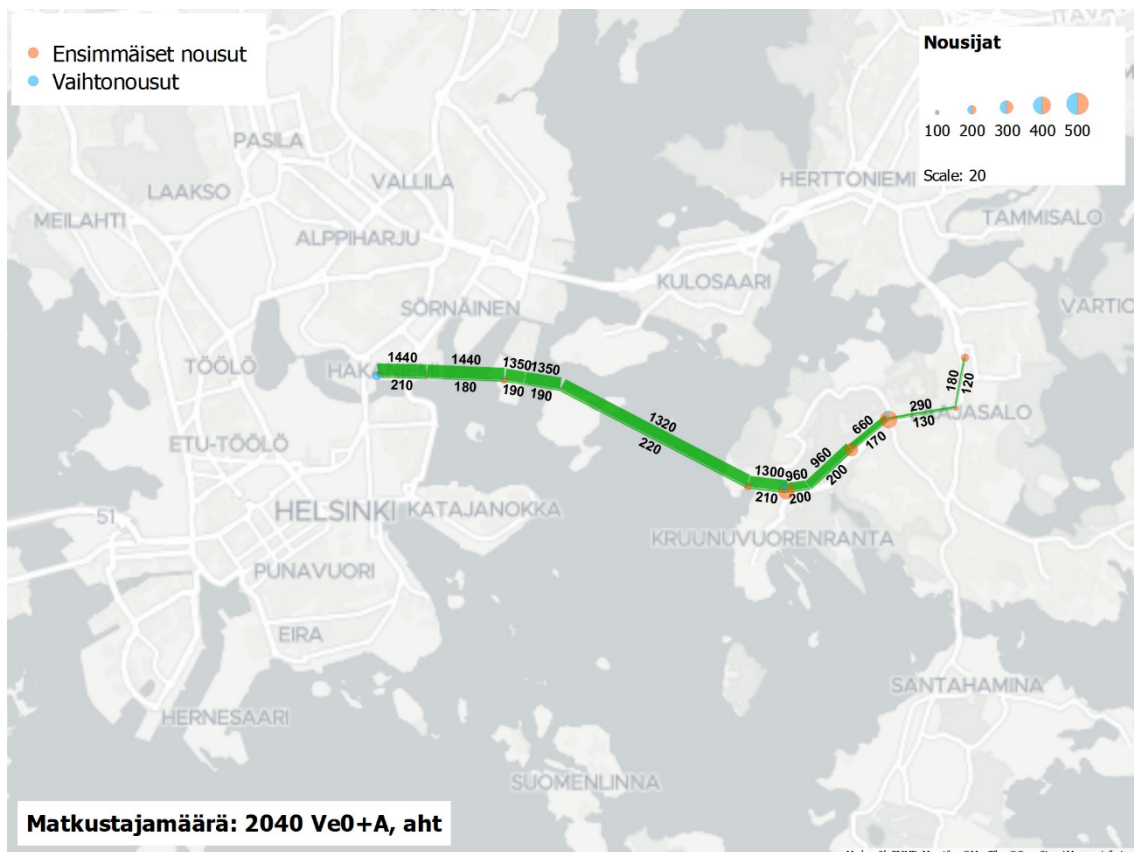
Ennustetut matkustajamäärät esitetään linjalle 12 sekä hankevaihtoehdon että vertailuvaihtoehdon osalta. Hankevaihtoehdossa linjan matkustajamäärät ovat moninkertaisesti suuremmat, kun sille siirtyy Hakaniemi–Länsiterminaali-välin matkustajat kaupunkiraitioliikenteestä. Toinen merkittävä muutos matkustajamäärissä, on linjan 13 matkustajamäärien muutos linjan pidentyessä Nihdistä Mikonkadulle.

Vertailuvaihtoehdon matkustajamäärät ja kapasiteetti

Vertailuvaihtoehdossa linjan 12 matkustajamääräksi ennustetaan noin 14 000–15 000 matkustajaa vuorokaudessa. Matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 13. Aamun huipputunnin pysäkkivälikohtaiset matkustajamäärät on esitetty kuvassa 16.

Matkustus on hyvin ruuhkapainotteista siten, että matkustajamäärät ovat aamuruuhkassa suuria Hakaniemen suuntaan ja iltaruuhkassa Yliskylän suuntaan. Ruuhkasuunnan matkustajamäärät ovat noin kahdeksan kertaa suuremmat kuin ruuhkasuunnan vastaiset matkustajamäärät. Matkustajakuormitus on suurimmillaan ruuhkasuuntaan Kruunuvuorenrannan ja Nihdin välillä, saavuttaen 94 % HSL:n ohjeen mukaisesta kapasiteetista 35 metriä pitkälle pikaraitiovaunukalustolle.

Linjalla tehdään pääosin vaihdollisia matkoja, joiden vaihto tapahtuu pääosin Hakaniemessä, osin myös Nihdissä. Ratikalla tehtävistä matkoista arviolta 60 % sisältää vaihdon. Laajasalon puolella vaihtoja arvioidaan tehtävän vähän, alle 5 % linjalla tehtävistä matkoista.



Kuva 16. Linjan 12 matkustajamäärät vertailuvaihtoehdossa pysäkkiväleittäin vuoden 2040 tilanteen aamun huipputunnissa.

Taulukko 13. Linjan 12 matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut vertailuvaihtoehdossa. (aht = aamun huipputunti & iht = illan huipputunti)

2040 VE0+	Keski-kuormitus aht	Max kuormitus aht	Keski-kuormitus iht	Max kuormitus iht	Nousut vrk	Vaihtonousujen osuus %
Linja 12 Yliskylään	190	220	850	1 130	6 840	76
Linja 12 Hakaniemeen	1 060	1 440	200	280	7 590	6

Hankevaihtoehdon matkustajamäärät ja kapasiteetti

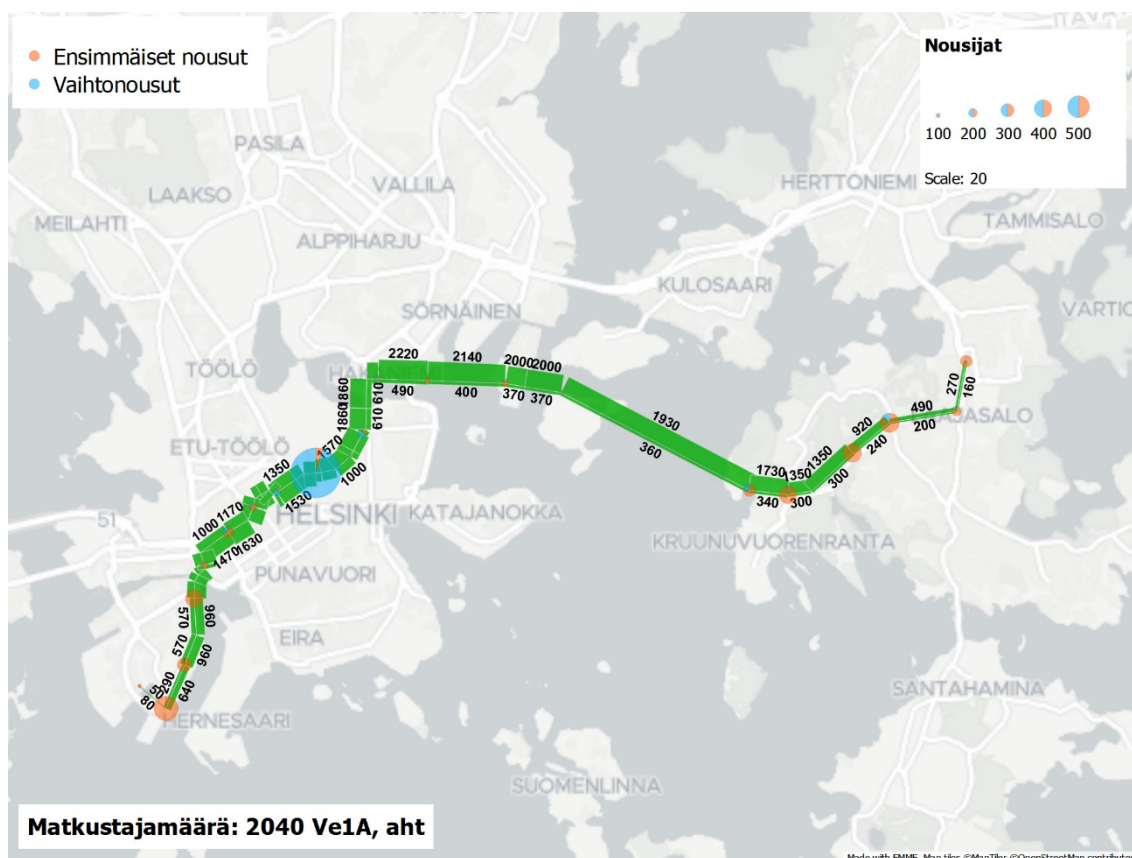
Hankevaihtoehdon matkustajamääriksi ennustetaan hieman alle 50 000 matkustajaa vuorokaudessa. Matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 14. Aamun huipputunnin pysäkkivälikohtaiset matkustajamäärät on esitetty kuvassa 17.

Taulukko 14. Linjan 12 matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut hankevaihtoehdossa.

2040 Ve1	Keski-kuormitus aht	Max kuormitus aht	Keski-kuormitus iht	Max kuormitus iht	Nousut vrk	Vaihtonousujen osuus %
Linja 12 Yliskylään	620	1 630	1140	1 720	23 670	27
Linja 12 Länsisatamaan	1 360	2 220	700	1 650	25 160	40

Kantakaupungin ja Laajasalon välillä matkustus on hyvin ruuhkapainotteista siten, että matkustajamäärät ovat aamuruuhkassa suuria Hakaniemen suuntaan ja iltaruuhkassa Yliskylän suuntaan. Ruuhkasuunnan matkustajamäärät ovat noin viisi kertaa suuremmat kuin ruuhkasuunnan vastaiset matkustajamäärät. Matkustajakuormitus on suurimmillaan ruuhkasuuntaan Hakaniemen ja Nihdin välillä. Matkustajakuormituksen suuruusluokkaero kannattanee huomioida aikanaan esimerkiksi linjan aikataulusuunnittelussa siten, että aikataulutettu ajoaika Yliskylä–Hakaniemi on ruuhka-aikoina ruuhkasuuntaan hieman suurempi kuin muina aikoina ja ruuhkan vastasuuntaan.

Kantakaupungin sisällä eri suuntien kysyntä on tasapainoisempaa kuin kantakaupungin ulkopuolella. Jätkäsaaren ja Kaivokadun välillä kysyntä on aamuruuhkassa keskustan suuntaan noin kolmanneksen suurempaa kuin Jätkäsaaren suuntaan. Kokonaisuudessaan ne osuudet, joilla aamuruuhkan matkustuskysyntä ylittää istumapaikkojen määrän eli 50 % HSL:n ohjeen mukaisesta kapasiteetista (35 metriä pitkällä raitiovaunukalustolla), ovat Reiherintie–Länsilinkki ja Länsisatama T1–Kaisaniemenpuisto.

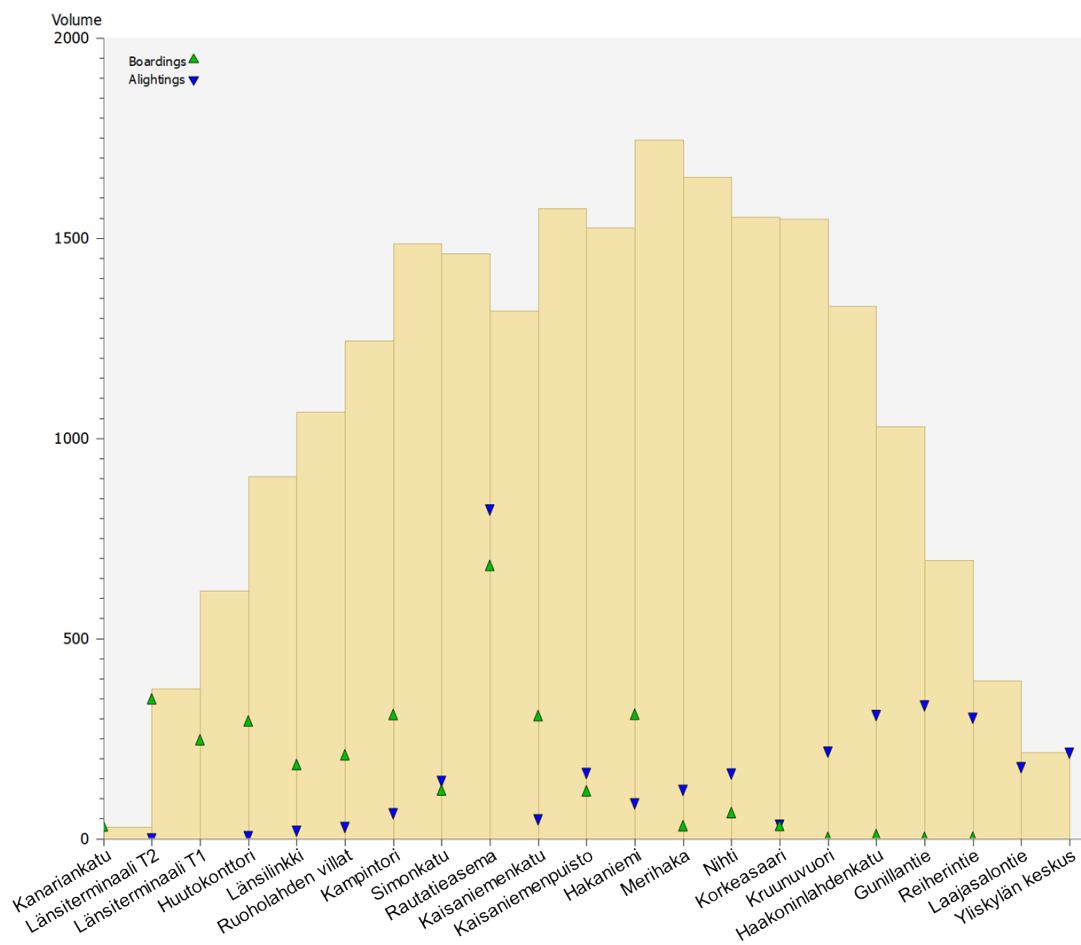


Kuva 17. Linjan 12 matkustajamäärät hankevaihtoehdossa pysäkkiväleittäin vuoden 2040 tilanteen aamun huipputunnissa

Linjalla 12 tehdään paljon vaihdollisia matkoja, mutta suurin osa matkoista on vaihdottomia. Hyvin suuri osuus vaihdoista toteutuu Kaivokadun pysäkillä, jossa on muutoinkin linjan suurimmat nousija- ja poistujamäärät. Kaivokadulla nousevien ja poistuvien matkustajien määrä on moninkertaisesti suurempi kuin muilla pysäkeillä keskimäärin. Hankevaihtoehdon liikenneennusteessa pysäkin vuorokausikohtainen nousijamäärä on 26 960. Määrä on yhtä suuri kuin Rautatietorin metroaseman vuorokausikohtainen nousijamäärä, joka oli vuonna 2023 26 600. Kaivokadun pysäkin arvioidusta nousijamäärästä lähes puolet, eli 11 070 toteutuu pikaraitiolinjalla 12 ja loput 15 890 kaupunkiraitiolinjoilla. Kaivokadun läpi liikennöitäessä yli puolet pikaraitiolinjan matkustajista vaihtuu Kaivokadun pysäkillä. Pysäkkikohtaiset nousija- ja poistujamäärät iltahuipputunnin osalta on esitetty kuvassa 18.

Kaivokadun pysäkkipysähdyksille on tarve varata enemmän aikaa kuin muille pysäkeille ja muille linjoille, mikä lisää perusteluita linjan omille pysäkkilaitureille. Kaivokadun pysäkki on

matkustajien suuren vaihtuvuuden takia hyvä sijainti ajantasaukselle. Ajantasausmahdollisuuden toteuttaminen edellyttää sitä, että linjalle 12 toteutetaan omat pysäkkilaiturit.



Kuva 18. Linjan 12 nousija-, poistuja- ja matkustajamäärät pysäkkiväleittäin illan huipputunnin osalta Jätkäsaaresta Yliskylän suuntaan. Vihreä kolmio ylöspäin esittää nousijamäärän, sininen kolmio alaspäin poistujamäärän ja keltainen palkki pysäkkivälin matkustajamäärän.

Yksityiskohtaiset kuormituskuvat vuoden 2040 tilanteesta esitetään liitteessä 1 vuorokausi- ja huipputuntitasolla pikaraitiolinjasta 12 sekä kaupunkiraitio linjoista 11 ja 13. Keskeisimmiltä linjaosuuksilta eli Kruunuvuorensillalta ja Merihaka–Hakaniemi-väliltä esitetään kuormitustiedot taulukossa 15 aamun huipputunnin osalta. Linjojen kapasiteetit on laskettu HSL:n suunnitteluohjeen mukaisella tuntikapasiteetilla, joka on 85 % kaluston maksimikapasiteetista. Tuntikapasiteetti on pienempi kuin maksimikapasiteetti, jotta huipputunnin aikana on riittävästi tilaa kuormituksen pienille vaihteluille ja hetkellisesti suuremmille kuormituksille.

Linjalla 12 ennustetut matkustajamäärät aamuruuhkassa Kruunuvuorenrannasta Rautatieasemalle ovat suurempia kuin 35 metriä pitkän pikaraitiovaunukaluston kapasiteetti, saavuttaen 113 % HSL:n ohjeen mukaisesta kapasiteetista. Riittävä kapasiteetti on mahdollista tarjota 45 metriä pitkällä pikaraitiovaunukalustolla, jolloin kuormitus on 87 % HSL:n ohjeen mukaisesta kapasiteetista. Iltaruuhkassa ennustetut huippukuormitukset ovat alhaisempia ja alle lyhyemmän pikaraitiovaunukaluston kapasiteetin.

Linjan 12 ylikuormittuvan osuuden rinnalla liikennöi linja 11 Kruunuvuorenrannasta Kalasatamaan ja linja 13 Kalasatamasta keskustaan. Liikenne-ennusteessa linjojen 11 ja 13 kysyntä alittaa kapasiteetin linjan 12 rinnakkaisilla osuuksilla. Tällöin voinee olettaa, että osa linjan 12 kysynnästä siirtyisi linjoille 11 ja 13, keventäen linjan 12 ylikuormitusta. Toisaalta siirtyvä osuus on todennäköisesti hyvin pieni, koska linjojen 11, 12 ja 13 reitit ovat keskenään hyvin erilaisia. Lisäksi linjojen 12 ja 13 yhteenlaskettu kuormitusaste on silti hyvin korkea Merihaan ja Hakaniemen välillä.

Taulukko 15. Linjojen 11, 12 ja 13 kuormitustiedot Kruunuvuorensillalla ja Merihaka–Hakaniemi-väliltä aamun huipputunnissa keskustan suuntaan. Linjan 11 kapasiteetti on suurempi kuin linjalla 13, koska hankevaihtoehdossa on oletettu, että 25 % linjan 11 vuoroista ajetaan pikaraitiovaunuilla.

Aamun huipputunti keskustan suuntaan	Kruunuvuorensilta	Merihaka–Hakaniemi
Linjan 11 tai 13 kysyntä	610	320
Linjan 11 tai 13 kapasiteetti	800	770
Linjan 11 tai 13 kuormitusaste	76 %	42 %
Linjan 11 tai 13 vapaa kapasiteetti	190	450
Linjan 12 kysyntä	1 930	2 220
Linjan 12 kapasiteetti 35 m kalustolla	1 800	1 800
Linjan 12 kuormitusaste 35 m kalustolla	107 %	123 %
Linjan 12 ylikuormitus 35 m kalustolla	130	420
Linjan 12 kapasiteetti 45 m kalustolla	2 520	2 520
Linjan 12 kuormitusaste 45 m kalustolla	77 %	87 %
Linjojen 11, 12 ja 13 kokonaiskysyntä	2 410	2 540
Linjojen 11, 12 ja 13 kokonaiskapasiteetti, kun pikaraitiokalusto 35 m	2 600	2 570
Linjojen 11, 12 ja 13 kokonaiskuormitusaste, kun pikaraitiokalusto 35 m	93 %	99 %

Työssä laaditun liikenne-ennusteen perusteella pikaraitiovaunukaluston pidentämiseen on varauduttava 2030-luvulla, jotta linjalla 12 riittää kapasiteettia ennustettuun kysyntään. Kapasiteetin kasvattaminen vuoroväliä tihentämällä ei ole suositeltavaa, sillä se heikentäisi keskustan pysäkkien toimivuutta ja tulisi kaluston pidentämistä kalliimmaksi. Lisäksi pitkän kaluston käyttöönoton kustannuksia on mahdollista kompensoida pidentämällä ruuhka-ajan ulkopuolisten aikojen vuoroväliä 7,5 minuutista 10 minuuttiin.

Pikaraitiovaunukaluston pidentäminen edellyttää pidennettävien vaunujen poistamista liikenteestä pidennyksen ajaksi, esimerkiksi yksi vaunu kerrallaan. Tällä voi olla haitallisia vaikutuksia raitioliikenteen operointiin, kun varakaluston määrä laskee. Hankkeen 22 pikaraitiovaunun pidentämisessä voi kestää puolesta vuodesta vuoteen. Pikaraitiovaunukalustoa ei voi pidentää ennen liikenteen aloitusta, sillä kaluston valmistus aloitetaan jo syksyllä 2024. Lisäksi 2030-luvun alun matkustajamäärät eivät vielä luultavasti edellytä pitkän kaluston käyttöä.

Linjan 12 lisäksi myös linjat 11 ja 13 ovat liikenne-ennusteessa ylikuormittuneita. Ylikuormitus sijoittuu linjan 12 läheisten reittiosien sijaan linjojen 11 ja 13 yhteiselle reittiosuudelle Kalasatamasta Pasilaan. Liikenne-ennusteessa molemmilla linjoilla on enemmän kysyntää kuin kapasiteettia aamun huipputunnissa Pasilan ja Nylanderinpuiston välillä molempiin suuntiin sekä Nylanderinpuiston ja Kalasataman välillä Pasilan suuntaan. Matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut on esitetty taulukossa 16. Lisäksi taulukossa 17 on esitetty tarkemmat tiedot linjojen kysynnästä, kapasiteetista ja kapasiteetin käyttöasteesta aamun huipputunnissa Pasilan suuntaan Nylanderinpuiston molemmin puolin.

Taulukko 16. Linjojen 11 ja 13 matkustajamäärien keskeiset tunnusluvut hankevaihtoehdossa.

2040 Ve1	Keski- kuormitus aht	Max kuormitus aht	Keski- kuormitus iht	Max kuormitus iht	Nousut vrk	Vaihto- nousujen osuus %
Linja 11 Pasilaan	690	1 050	340	730	12 220	31
Linja 11 Kruunuvuoren- rantaan	340	900	500	830	11 510	55
Linja 13 Pasilaan	420	850	410	700	11 300	34
Linja 13 keskustaan	450	880	390	730	11 510	46

Taulukko 17. Linjojen 11, 12 ja 13 kuormitustiedot Kruunuvuorensillalla ja Merihaka–Hakaniemi-väliltä aamun huipputunnissa keskustan suuntaan.

Aamun huipputunti Pasilan suuntaan	Kalasadama– Nylanderinpuisto	Nylanderinpuisto– Pasila
Linjan 11 maksimikuormitus	1 050	920
Linjan 11 kapasiteetti	800	800
Linjan 11 kuormitusaste	131 %	115 %
Linjan 13 maksimikuormitus	850	800
Linjan 13 kapasiteetti	770	770
Linjan 13 kuormitusaste	110 %	104 %
Linjojen 11 ja 13 maksimikuormitus	1 890	1 720
Linjojen 11 ja 13 kokonaiskapasiteetti	1 570	1 570
Linjojen 11 ja 13 kokonaiskuormitusaste	120 %	109 %

Linjan 11 kysyntä on ennusteen mukaan hieman suurempaa kuin linjan 13, koska linjalla 11 tehdään paljon matkoja Laajasalon ja Pasilan välillä. Linjalla 13 on vähemmän vastaavan kaltaisia pitkiä matkoja, koska linjan päiden välillä on suurempia yhteyksiä muilla raitiolinjoja. Laajasalon ja Pasilan välisten matkojen määrä on kuitenkin vähäisempi kuin Kalasadaman ja Pasilan välisten matkojen määrä, minkä takia ero linjojen kysynnän välillä on maltillinen. Linjoilla 11 ja 13 tehdään paljon vaihtoja Kalasadamassa ja Pasilassa.

Linjojen kapasiteetin lisääminen lienee tarpeen Kalasadaman pohjoisosien maankäytön rakentuessa. Vaihtoehtoisia ratkaisuja ovat vuorovälien tihentäminen, kalustokoon kasvattaminen tai muiden linjojen kehittäminen.

Linjojen vuorovälin tihentäminen 10 minuutista 7,5 minuuttiin (eli linjojen yhteisellä osuudella 5 minuutista 3,75 minuuttiin) kasvattaa linjojen tuntikapasiteettia noin 1 600 matkustajasta/tunti/suunta noin 2 100 matkustajaan/tunti/suunta. Vuorovälin tihentäminen samalla kuitenkin kasvattaa linjojen houkuttelevuutta ja kysyntää, kun matkustajien keskimääräinen odotusaika on pienempi. Tällöin vuorovälin tihentämisen vaikutus

ylikuormitukseen on pienempi kuin sen vaikutus kapasiteettiin. Jos esimerkiksi matkustuskysyntä kasvaa yli 10 % vuorovälin tiheydessä 10 minuutista 7,5 minuuttiin, vuorovälin tihentäminen ei ratkaise ylikuormitusta. Vuorovälin tihentäminen edellyttää arviolta viiden raitiovaunun lisäämistä liikenteeseen. Vuorovälin tihentäminen myös heikentää linjojen 11 ja 13 porrastusmahdollisuuksia linjaan 12, kun linjojen vuorovälit eivät olisi yhteensopivia.

Linjojen kaluston muutos kaupunkiraitiovaunuista 35 metrin pikaraitiovaunuihin kasvattaa linjojen tuntikapasiteettia noin 1 800 matkustajaan/tunti/suunta. Linjalla 13 kapasiteetti saattaisi juuri ja juuri riittää. Sen sijaan linjan 11 kapasiteettitarpeen täyttäminen edellyttää 45 metrin pikaraitiovaunuja. Kalustokoon muutos edellyttäisi merkittävää muutosta HSL:n suunnitelmiin lähivuosina hankittavasta raitiovaunukalustosta. Suurin osa linjojen 11 ja 13 reitistä on jo suunniteltu tai rakennettu siten, että infra mahdollistaa pikaraitiovaunujen liikennöinnin.

Muiden linjojen kehittäminen tai lisääminen voi lieventää linjojen 11 ja 13 ylikuormitusta, jos muilla linjoilla voidaan toteuttaa suurempia tai houkuttelevampia yhteyksiä. Pasilan ja Nylanderinpuiston välillä tarjontaa voi lisätä Pasilan ja Viikin välisellä linjalla, jollaista esitetään Viikin-Malmin pikaraitiotien yleissuunnitelmassa, kun taas Pasilan ja Kalasataman välillä tarjontaa voi kehittää pidemmällä aikavälillä Jokeri 0-pikaraitiotiellä. Tiederatikka ja Jokeri 0 ovat yleiskaavan pikaraitiotieitä.

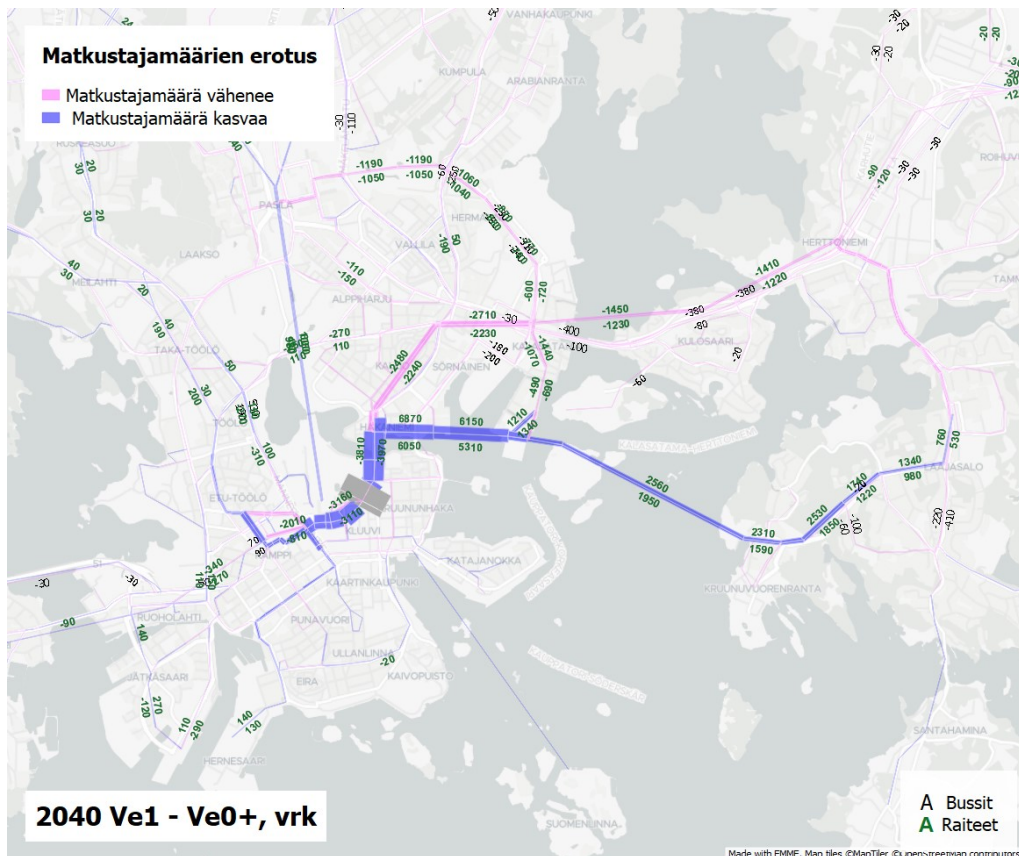
3.4. Matkaketjut

Hankkeella on merkittävät positiiviset vaikutukset matkustamiseen Itä-Helsingin ja keskustan välillä sekä itäisen kantakaupungin ja keskustan välillä. Vaihtojen määrä vähentyy ja joukkoliikennejärjestelmä tehostuu kokonaisuudessaan. Hanke mahdollistaa useiden muiden joukkoliikennehankkeiden täysimääräisen hyödyntämisen, erityisesti kun Kruunusillat- ja Kalasatamasta Pasilaan-hankkeiden infra liittyy osaksi sujuvia matkaketjuja ja metron kuormitus vähenee sen ruuhkaisimmalla osuudella.

Keskeisin vaikutus on keskustan ja Laajasalon välisten matkojen muuttuminen vaihdottomiksi. Vertailuvaihtoehdossa matkat Laajasalosta Kluuviin ja Kamppiin edellyttää vaihtoa Hakaniemessä, kun taas hankevaihtoehdossa matkat toteutuvat ilman vaihtoa. Muutos sujuvoittaa matkustamista ja parantaa Laajasalon saavutettavuutta. Hanke mahdollistaa Kruunusillat-hankkeen täysimääräisen hyödyntämisen.

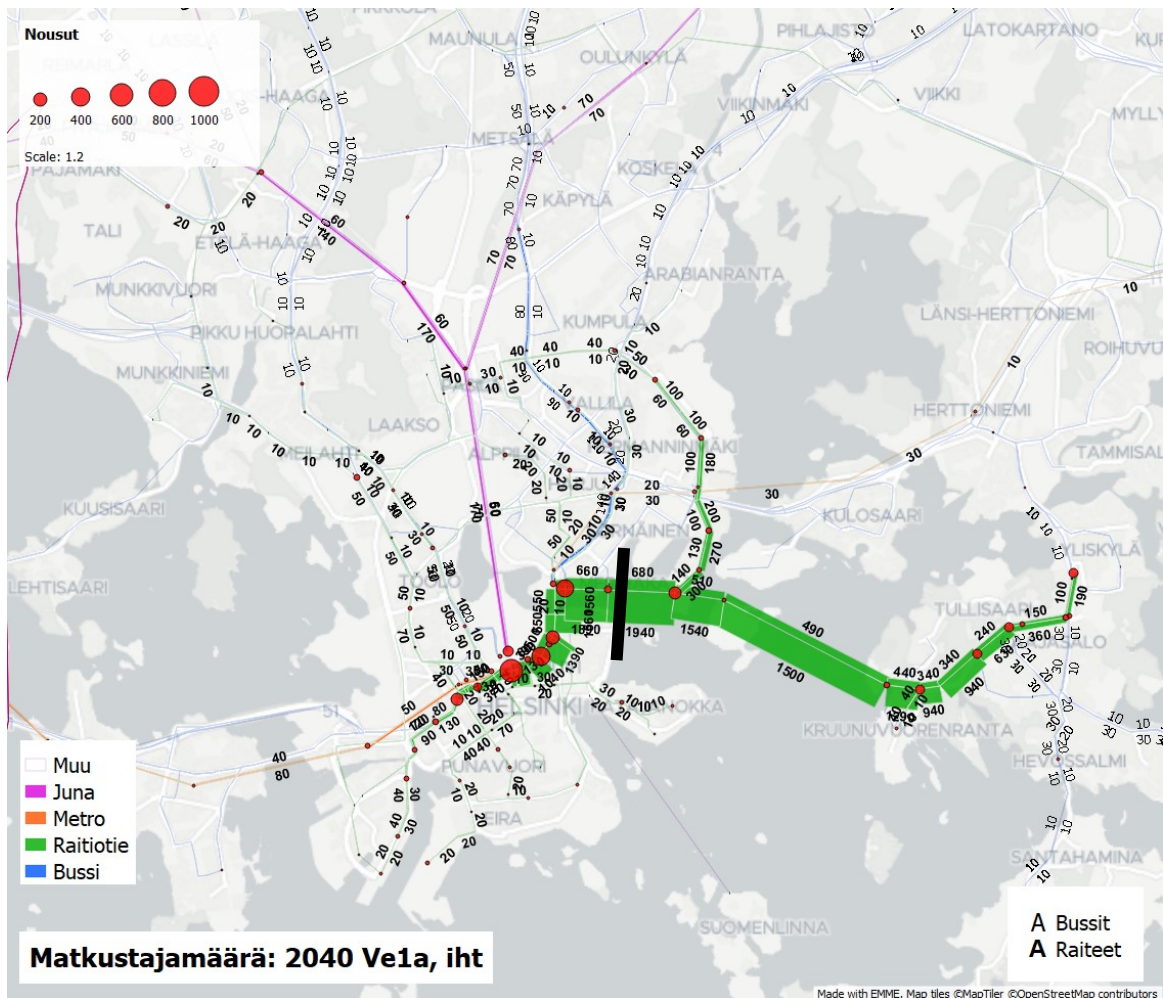
Kuvassa 19 on esitetty hankkeen vaikutus matkustajamääriin eri joukkoliikennelinjoilla. Laajasalon ja keskustan välisen matkustuksen sujuvoitumisen myötä osa vertailuvaihtoehdon matkustuksesta Herttoniemen ja metron kautta kantakaupunkiin siirtyy linjalle 12. Tämän muutoksen myötä metron kuormitus laskee 4 % sen kuormitetuimmalla osalla Kalasatama–Sörnäinen. Tämä lykkää hieman tarvetta metron kapasiteetin nostamiseen ja mahdollistaa metroinfrastruktuurin tehokkaamman käytön. Tässä työssä ei ole huomioitu metron käytön tehostumisen rahallisia hyötyjä kapasiteetin nostamisen tarpeen lykkäytyessä. Metron kapasiteetin nostaminen on käynnissä oleva ja vaiheittain toteutuva hanke.

Länsisataman pikaraitiotie-hankkeen myötä toteutuva linjan 13 jatko keskustaan on myös yksi tekijä, joka vaikuttaa metron kuormituksen vähentymiseen. Jatkon myötä osa Kalasataman ja keskustan välisistä matkoista, jotka muuten toteutuisivat metrolla, siirtyvät kulkemaan linjalla 13.



Kuva 19. Vuorokauden matkustajamäärien erotus hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Kuvassa 20 on esitetty Nihdin ja Merihaan raitiotiepysäkkien välillä kulkevan matkustajaliikenteen koko matkaketju. Laajasalon linjalla 12 kulkeva matkustajamäärä on huomattavasti suurempi kuin Kalasatamaan ja Pasilaan vievän linjan 13 matkustajamäärä. Länsisataman pikaraitotietä käytetään paljon vaihdollisilla juna- ja metromatkoilla sekä yhteyksillä raitiolinjoilla muualle kantakaupunkiin, kuten Meilahteen, Töölöön, Alppiharjuun ja Punavuoreen. Merkittävä osa matkoista on Laajasalon ja keskustan välistä tai Kalasataman ja keskustan välistä vaihdotonta matkustusta. Hyvin pieni osa matkoista ulottuu Jätkäsaareen.

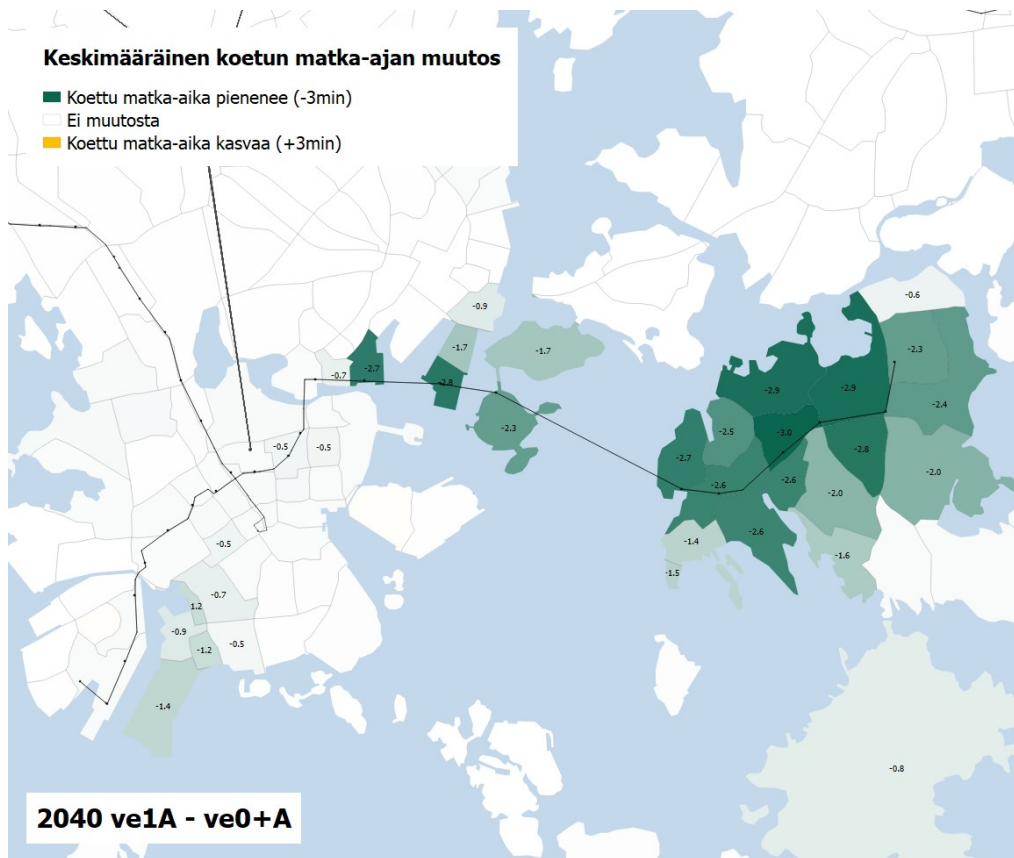


Kuva 20. Matkaketjut illan huipputunnissa Merihaansillan yli. Poikkileikkauskohta on esitetty mustalla viivalla.

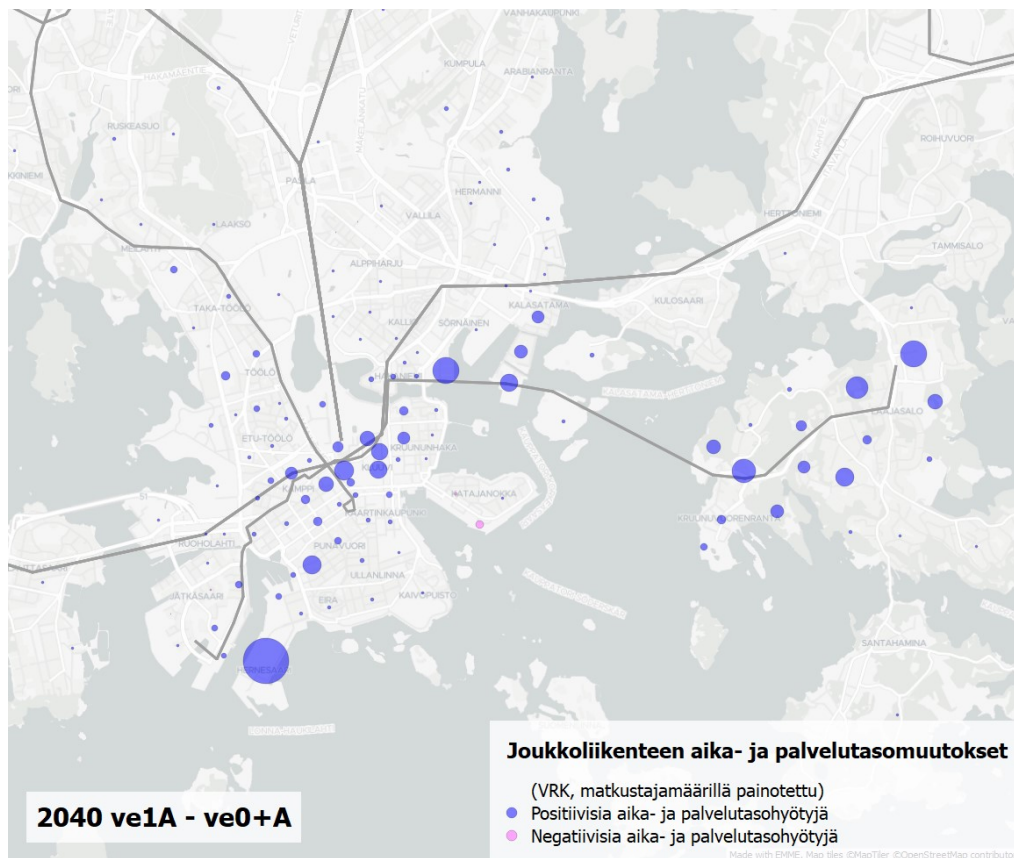
3.5. Joukkoliikenteen aika- ja palvelutasomuutokset

Hanke parantaa joukkoliikenteen matka-aikoja ja palvelutasoa erityisesti vaihdollisten matkojen vähentyessä vertailuvaihtoehtoon verrattuna. Liikenne-ennustemallissa matka-aika ja palvelutasotekijät on yhdistetty (koettu matka-aika / matkavastus / painotettu matka-aika). Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi vaihdot joukkoliikennevälineiden välillä sekä pitkät kävelymatkat koetaan todellista matka-aikaa suuremmaksi vastukseksi. Painotukset on tehty siten, kuten ihmiset niitä ovat matkavalinnoissa painottaneet.

Merkittävimmät aika- ja palvelutason hyödyt kohdistuvat Laajasaloon, josta pääsee vaihdottomalla yhteydellä ydinkeskustaan (kuva 21). Myös Hernesaareen syntyy hyötyjä linjan 9 liikennöidessä suoraan Kallioon. Ydinkeskustassa aikamuutos keskimääräistä matkaa kohden on pieni, mutta matkustajamäärät ovat niin suuria, että vaikutus kertautuu. Kuvassa 22 on esitetty matka-aikahyödyt painotettuna lähtevien matkojen määrällä, jolloin havaitaan ydinkeskustaan syntyvä kokonaishyöty. Palvelutason muutos näkyy myös laajemmalla alueella, jolla tehdään vaihdollisia matkoja Länsisataman pikaraitiotiehen.



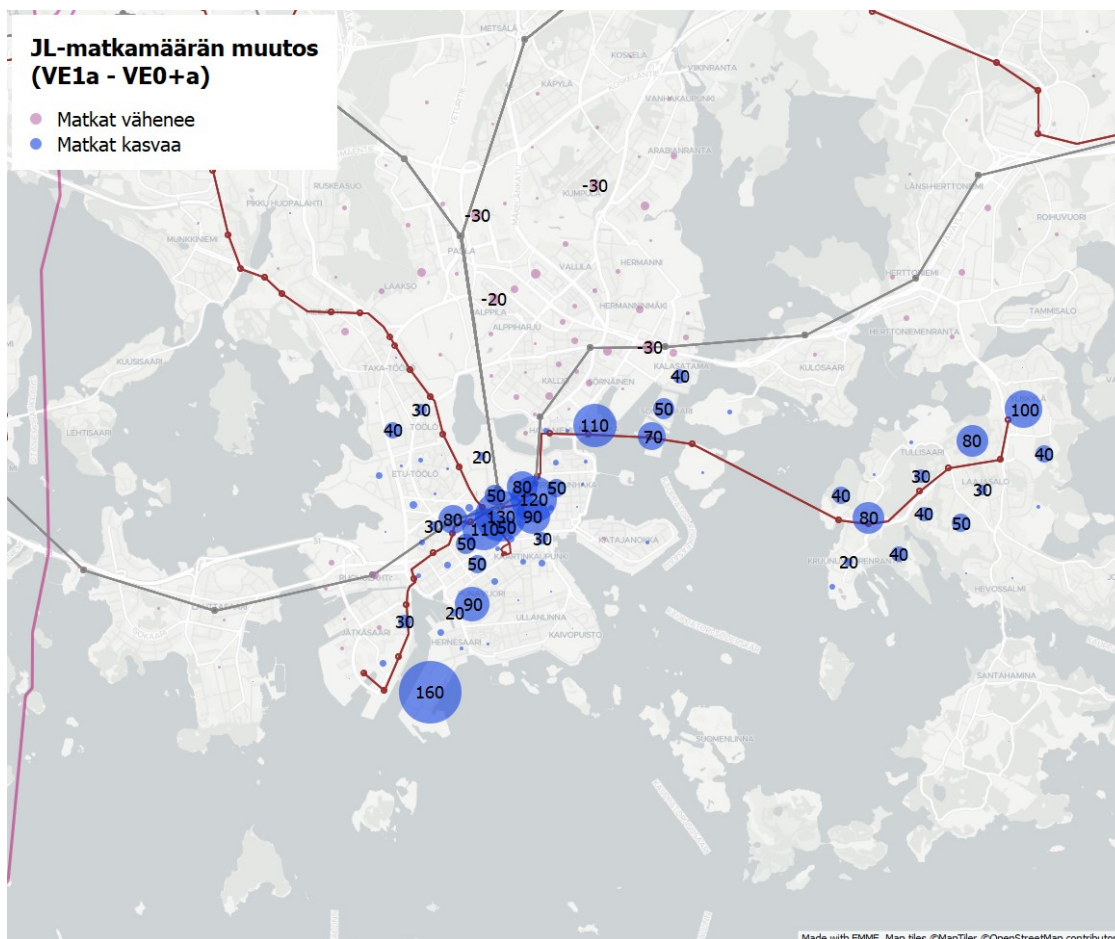
Kuva 21. Karttaesitys keskimääräisen koetun matka-ajan muutoksesta ennustealueittain.



Kuva 22. Karttaesitys joukkoliikenteen aika- ja palvelutasomuutoksista ennustealueittain.

3.6. Kulkutapamuutokset

Hankkeen myötä joukkoliikenteen matkamäärä kasvaa noin 1900 matkalla parantuvan palvelutason myötä vuonna 2040 verrattuna vertailuvaihtoehtoon. Noin puolet uusista joukkoliikennematkoista siirtyvät autoilusta ja puolet kävelystä ja pyöräilystä. Kävelyn määrä voi silti kasvaa joukkoliikenteen liityntäkävelyiden takia. Joukkoliikenteen matkamäärän kasvu alueellisesti on esitetty kuvassa 23. Joukkoliikenteen matkamäärä kasvaa erityisesti ydinkeskustassa, Laajasalossa koko raitiotien matkan varrella, Nihdissä, Hakaniemessä ja Hernesaassa. Matkamäärä vähenee kantakaupungin pohjoisosissa johtuen siitä, että asiointimatkojen määränpää kohdistuu useammin raitiotiekäytävälle parantuneen palvelutason myötä vaihtoehtoisten sijaintien sijaan.



Kuva 23. Joukkoliikenteen matkustajamäärän muutokset alueittain hankevaihtoehdon ja vertailuvaihtoehdon välillä.

Kasvaneen joukkoliikenteen matkamäärän vaikutus lipputuloihin on noin 800 000 € vuodessa ilman arvonlisäveroa. Lipputulojen kasvu on suurempi kuin liikennöintikustannusten kasvu.

4. Hankearviointi

Yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma on tehty Traficomien kaupunkiraiteiden hankearviointiohje (Traficomien julkaisuja 20/2023) mukaisesti. Kannattavuuslaskelmassa verrataan hankevaihtoehtojen hyötyjä ja kustannuksia vertailuvaihtoehtoon. Laskelmassa on mukana vain sellaisia vaikutuksia, joihin hanke vaikuttaa tarkasteluajanjaksona ja joiden rahamääräiseen arviointiin on menetelmä ja selkeät arvotusperusteet. Kaikki tällaiset vaikutukset määritetään 30 vuoden pituiselta laskentajaksolta, jonka lisäksi tarkasteluajanjaksoon sisällytetään rakentamisaika. Laskelmissa käytetyt yksikköarvot perustuvat julkaisuun Tie- ja rautatieliikenteen hankearvioinnin yksikköarvot 2018 (Väyläviraston ohjeita 40/2020), jotka on indeksikorjattu kustannuslaskentaa vastaavaan hintatasoon. Kustannukset on esitetty vuoden 2023 hintatasossa, joten hyödyt on korotettu vastamaan vuoden 2023 kuluttajahintaindeksiä (120.4). Hyötyerät ja rakentamisen aikainen korko diskontataan liikennöinnin avausvuodelle 2030 ja laskentakorkona on käytetty Traficomien ohjeiden mukaisesti 3,5 %.

4.1. Hyödyt

Hankkeen merkittävin hyötyerä on kuluttajan ylijäämä, joka tarkoittaa käyttäjien aika- ja palvelutason muutosta. Kannattavuuslaskelmassa aika- ja palvelutasokustannukset on laskettu liikenne-ennusteen avulla kaikkien matkojen painotetun matka-ajan muutoksesta eri ennustevuosina. Yleistetyn matka-ajan kuvaus ja muutokset ratikan myötä on kuvattu tarkemmin luvussa 3.5. Joukkoliikenteen aika- ja palvelutasohyödyt ovat 4,7 miljoonaa euroa vuodessa.

Lisäksi ajoneuvoliikenne muuttuu hieman sujuvammaksi, kun osa automaatoista muuttuu joukkoliikennematkoiksi. Kuljutapamuutoksen seurauksena ajoneuvoliikenteen aikahyödyt ovat 0,1 miljoonaa euroa vuodessa.

Matkojen siirtyminen henkilöautoilusta joukkoliikenteeseen tuo myös päästö- ja terveyshyötyjä. Ajoneuvoliikenteen suorituksen vähenemä on 1,4 miljoonaa kilometriä vuodessa, mistä syntyy päästöjen, onnettomuuksien ja melun vähenemistä. Ajoneuvoliikenteen vähentyminen perustuu yleissuunnitelmaan sisältyviin investointeihin. Arvioon ei esimerkiksi sisälly Kaivokadun joukkoliikennekaduksi muuttamisen vaikutuksia ajoneuvoliikenteeseen, jotka sisältyvät ja joita on selvitetty Ydinkeskustan liikennejärjestelmäsuunnitelma-hankkeessa.

Laskelmassa on huomioitu henkilöautoliikenteen sähköistyminen, joten päästöhyöty jää verrattain pieneksi. Hankkeen vaikutus päästöihin on 120 t-co₂ / v vuoden 2030 tasossa. Päästöjen yksikkökertoimet perustuvat selvitykseen Helsingin kasvihuonekaasujen BAU-kehitys vuosille 2030 ja 2040 (WSP, 2022). Päästöjen vähentymisen vuosittaiset hyödyt ovat 0,01 miljoonaa euroa vuodessa. Hankkeen rakentamispäästöjä ei ole toistaiseksi arvioitu.

Henkilövahinkoihin johtaneet onnettomuudet vähenevät arviolta 2,5 onnettomuudella vuosittain. Tämän vuosittaiset hyödyt ovat 0,3 miljoonaa euroa vuodessa.

Melulaskenta tehdään teoreettisesti laskettujen 55dB meluvyöhykkeiden pinta-alan muutoksesta johdettuna. Meluhaittojen pienentymisen arvo on 0,1 miljoonaa euroa vuodessa.

Tuottajan ylijäämällä tarkoitetaan joukkoliikenneoperaattorin kustannusten muutosta eli lipputulojen ja liikennöintikustannusten muutoksen kokonaissuuruutta. Julkistaloudellisten verojen ja maksujen muutos ottaa huomioon mm. polttoaineverotuksen ja joukkoliikennelippujen arvonlisäveron.

4.2. Kustannukset

Kustannuksissa on pikaraitiotiehen liittyvien inframuutosten rakentamiskustannukset, työmaa- ja tilaajatehtävien kustannukset sekä riskivara. Kustannukset eivät sisällä Kaivokadun muuttamista joukkoliikennekaduksi, sillä se on oletettu tehtävän myös vertailuvaihtoehdossa. Infrastruktuuri on mitoitettu 45 metrin raitiovaunujen mukaan. Kustannukset on eritelty taulukossa 18. Vertailuvaihtoehtoon ei sisälly investointikustannuksia.

Merkittävimmät erot hanke- ja vertailuvaihtoehdon välillä ovat Liisankadun liittymäalueelle ja Kaivokadulle tehtävät muutokset. Liisankadulle toteutuu uusi ryhmittymisraide Hakaniemen suunnasta, mikä edellyttää liittymäalueen uusimista. Kaivokadun muutokset sisältävät uudet pysäkkilaiturit ja raidejärjestelyt, mikä edellyttää raitiotien uusimista koko Kaivokadun pituudelta. Lisäksi hankevaihtoehto sisältää kantakaupungin länsiosien pysäkkipidennykset.

Hankkeen vertailuvaihtoehtoon ei sisälly investointikustannuksia. Mahdolliset muutokset raitiotieinfraan sisältyvät muihin hankkeisiin. Vertailuvaihtoehdon linjasto tai muut suunnitteluratkaisut eivät edellytä muutoksia nykyinfraan tai rakenteilla olevaan infraan.

Taulukko 18. Hankkeen kustannukset eriteltynä.

HANKEVAIHTOEHDON KUSTANNUKSET	
Rakennusosat yhteensä	20 791 000 €
Kaisaniemen liittymäalue ja Kaivokatu	11 670 000 €
Länsiosan pysäkkipidennykset	9 121 000 €
Työmaatehtävät ja kate (25 %)	5 197 750 €
Tilaajatehtävät (15 %)	3 898 312 €
Riskivarat (25 %)	7 471 765 €
Kustannukset yhteensä	37 358 828 €
Yhteiskuntataloudellisessa laskelmassa huomioitavat korko ja diskonttaus rakentamisen ajalta	2 381 065 €
Yhteiskuntataloudellisessa laskelmassa huomioitava julkisten varojen rajakustannus (verokerroin)	7 471 766 €
Yhteiskuntataloudelliseen laskelmaan sisältyvät kustannukset yhteensä	47 211 659 €

Kannattavuuslaskelmassa on huomioitu uusimman hankearviointiohjeen mukaisesti julkisten varojen rajakustannus (ns. verokerroin), joka kertoo julkisten menojen lisäyksen todellisen kustannuksen, kun samalla huomioidaan verotuksen lisäys ja siitä aiheutuvat tehokkuustappiot. Rajakustannusta käytetään valtion rahoittamissa hankkeissa ja se korottaa investointikustannusta 20 %. Lisäksi on huomioitu rakentamisen aikainen korko. Rakentaminen on oletettu aloitettavaksi kaksi vuotta ennen linjan avausvuotta.

Raitioteiden ja katujen pitoajaksi on arvioitu 30 vuotta, joka vastaa hankearvioinnin laskentajaksoa, joten jäännösarvo hankkeelle on 0 €.

4.3. Yhteiskuntataloudellinen kannattavuus

Taulukossa 19 on esitetty hankkeen yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma 30 vuoden laskentajaksolta. Hankkeen hyöty-kustannussuhde on 2,9, joten hankkeen hyödyt ylittävät yli kolminkertaisesti sen kustannukset. Kaikkiaan hankkeen investointikustannukset ovat pienet sen tuomiin hyötyihin nähden.

Taulukko 19. Yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma.

HYÖDYT	2040	Diskontattu pitoajalle 2030–2060
	[milj. € / v.]	[milj €]
Väylänpitäjän kustannusmuutokset	0.0	0.0
Tuottajan ylijäämä	0.1	1.0
Liikennöintikustannus	-0.7	-12.4
Lipputulojen muutos	0.7	13.4
Kuluttajan ylijäämä	5.2	128.1
Nykyiset matkustajat	4.7	114.5
Siirtyvät matkustajat	0.5	13.6
Autoliikenteen hyödynmuutos	0.1	2.0
Ulkoisvaikutukset	0.2	5.9
Tieliikenteen onnettomuudet	0.1	2.5
Päästökustannukset	0.01	0.2
Melu	0.1	3.2
Julkistaloudellisten verojen muutos	0.0	-0.2
Tieliikenteen verot ja maksut	-0.1	-1.6
Arvonlisäverot	0.1	1.5
Jäännösarvo 30 vuoden jälkeen	0	0.0
Hyödyt yhteensä	5,5	134.9
Hyöty-kustannussuhde	-	2,9

4.4. Vaikutukset HSL:n talouteen

Verrattuna muihin pikaraitiotiehankkeisiin, Länsisataman pikaraitiotien vaikutukset ovat poikkeuksellisen positiiviset, kun arvioitu lipputulojen kasvu ylittää liikennöintikustannusten ja radan kunnossapitokustannusten kasvun. Arvioitu lipputulojen nousu ei kuitenkaan kata infrainvestoinneista HSL:ltä laskutettavia poisto- ja korkokustannuksia, jolloin syntyy tarve jäsenkuntien HSL-maksuosuuksien ja/tai lippujen hintojen nostoon. Taulukossa 20 esitetään hankkeen vaikutukset HSL:n talouteen, jotka ovat noin miljoona euroa negatiiviset vuoden 2040 tilanteessa.

Kunnat maksavat HSL:lle kuntaosuutta joukkoliikenteen järjestämisestä, mihin sisältyy liikenteen operointi, kaluston pääomakustannukset, varikkokustannukset ja infrakustannukset sekä HSL:n muut kustannukset. Vuosittaiset kustannukset jaetaan käyttäjien suhteessa HSL:n jäsenkunnille.

Helsingin kaupunki saa HSL:n muilta jäsenkunnilta korvausta kaupungin omistaman joukkoliikenneinfran käytöstä (HSL:ltä laskutettava infrakorvaus). HSL korvaa puolet joukkoliikenneinvestointien pääoman poistoista laskennallisella 40 vuoden aikana tasapoistoilla, HSL:n korvaamalle pääomalle laskennallisen 5 % koron ja radan kunnossapitokustannukset täysimääräisesti. Poistoihin ei lasketa valtion tai EU:n tukea, jonka mahdollista määrää ei ole tässä työssä arvioitu. Laskennalliset korot lasketaan rakentamisen ajalta ja 40 vuoden poistoajalta.

HSL:n kautta jaettavia kustannuksia ja tuloja ovat hankkeen rakentamisesta ja käyttönotosta aiheutuva infra- ja liikennöintikustannusten sekä lipputulojen ja mahdollisesti kuntayhtymän yleiskustannusten kasvu. Infrakustannukset jaetaan HSL:n jäsenkunnille niiden asukkaiden tekemien ratikkamatkojen määrän suhteessa. Liikennöintikustannuksien kasvu jaetaan jäsenkunnille niiden asukkaiden matkustamien ratikkakilometrien suhteessa. Liikennöintikustannuksien kasvu on hanke- ja vertailuvaihtoehtojen välisten liikennöintikustannuksien erotus. Kuntien maksuosuuksia pienentävät lipputulot, jotka kohdistetaan kunnille matkustajien kuntalaisuuden perusteella.

HSL:n tilannekuvan ja rahoituspohjan arviointi -raportissa (HSL, 2023) on laajemmin tarkasteltu HSL:n talouden kehityskuvaa. Yleisesti ottaen seudun joukkoliikennehankkeet lisäävät HSL:n kuluja. Raportin mukaan HSL:n kokonaistaloudellinen tilannekuva on haastava seuraavat 15–20 vuotta johtuen pääosin rakenteilla olevien ja suunnitelmassa olevien raidehankkeiden infra- ja liikennöintikuluista. Lisäksi raportissa kiinnitetään huomiota siihen, että raideinfrahankkeiden myötä lisääntyvä matkustaminen ja sen myötä lipputulojen kasvu saavutetaan vasta usean vuoden päästä hankkeen valmistumisesta, mutta hankkeiden infrakulut ovat suurimmillaan ensimmäisinä käyttöönottovuosina.

Jos olettaa, että infran käyttäjät ovat suurimmilta osin helsinkiläisiä ratikkamatkustajia, HSL:n talouden heikentyminen heijastuu suurimmilta osin Helsingin kuntaosuuden kasvuun. Toisaalta HSL:n taloutta heikentävä kustannuserä on pääosin Helsingille maksettavat infrakustannukset, jolloin hankkeen vaikutus Helsingin kaupunkitalouteen on neutraali.

Taulukko 20. Hankkeen suuntaa antavat vuosittaiset vaikutukset HSL:n talouteen.

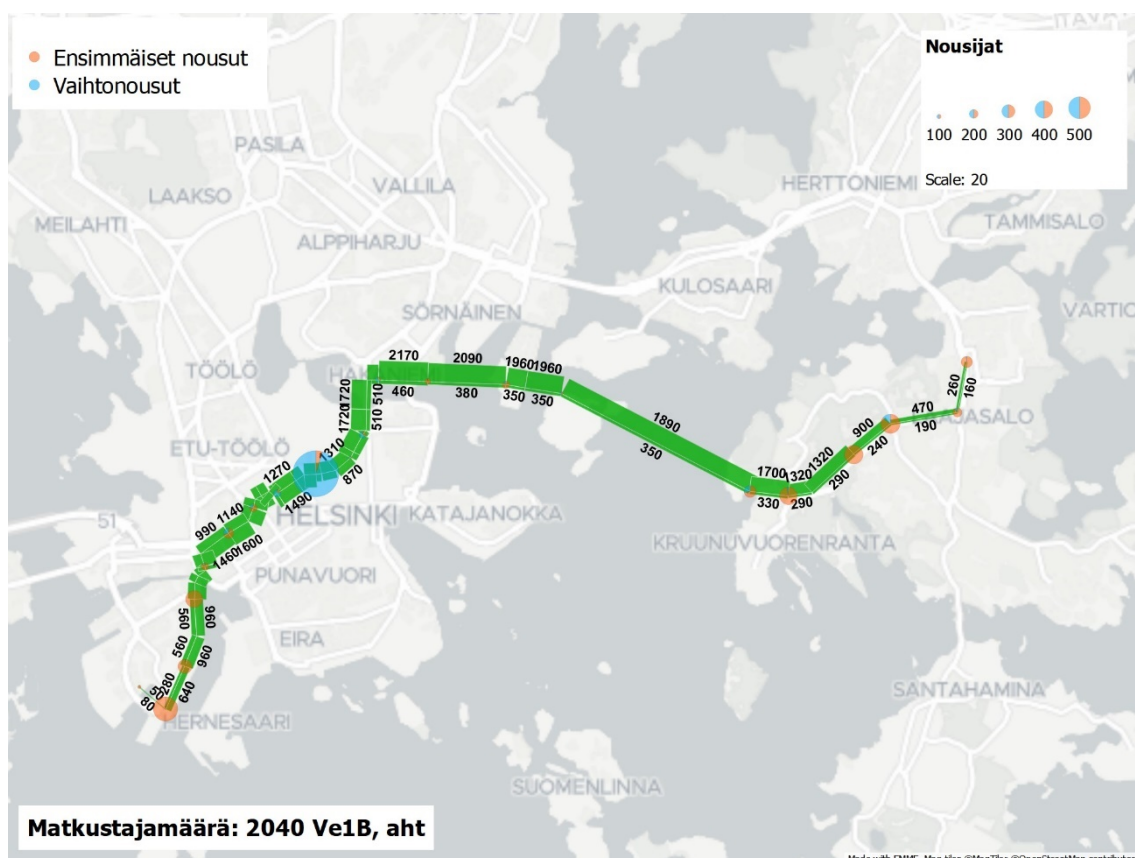
Hankkeen vaikutus HSL:n talouteen	
Infrakustannukset hankkeen avausvuonna 2030	-1,4 M€/v
Infrakustannukset 2040	-1,2 M€/v
Liikennöintikustannukset	-0,65 M€/v
Kulut yhteensä 2040	-1,85 M€/v
Lipputulot 2040	+0,7 M€/v
Kokonaisvaikutus HSL:n talouteen 2040	-1,15 M€/v

5. Herkkyystarkastelut

5.1. Kaivokatu auki henkilöautoliikenteelle

Herkkyystarkastelussa on tutkittu vaikutuksia matkustajamäärään ja hyöty-kustannussuhteeseen, jos Kaivokatu toteutetaan 1+1-kaistaisena autoliikenteelle. Raitiolinjojen kannalta tämä tarkoittaa enemmän viiveitä Pitkäsilta-Mannerheimintie välillä. Ennustemallissa raitiolinjoja oli nopeutettu minuutilla tällä välillä perustarkastelussa, mutta herkkyystarkastelussa tämä nopeutus on otettu pois. Lisäksi Kaivokadun pitämisellä auki henkilöautoliikenteelle on hieman vaikutusta henkilöautoilun ja joukkoliikenteen houkuttelevuuteen ja kulkutapaosuuksiin, mutta tämän vaikutus on pienempi kuin raitioyhteyksien hidastumisella.

Kuvassa 24 on esitetty Länsisataman pikaraitiotien matkustajamäärät aamuhuipputunnin tilanteessa, jossa Kaivokatu on toteutettu 1+1-kaistaisena. Kaivokadun kohdalla matkustajamäärä ruuhkasuuntaan on 17 % pienempi kuin joukkoliikennekatuatkaisussa. Koko linjalla nousijamäärät ovat yhteensä 4 % pienemmät vuorokausitasolla.



Kuva 24. Länsisataman pikaraitiotien matkustajamäärät aamuhuipputunnissa tilanteessa, jossa Kaivokatu on auki henkilöautoliikenteelle.

Länsisataman pikaraitiotien käyttäjähyödyt pienenevät herkkyystarkastelussa. Vuositasolla joukkoliikenteen käyttäjähyödyt ovat 4,3 miljoonaa euroa, kun joukkoliikennekatuatkaisulla vastaava hyöty on 4,7 miljoonaa euroa. Hankkeesta saatavat lipputulot pienenevät noin 700 000 eurosta vuosittain 620 000 euroon.

Kustannuksissa ainoa ero joukkoliikennekatuatkaisuun on, että Liisankadun ryhmittymiskaistaa raitioliikenteelle ei toteuteta, koska sille ei riitä katutilaa autoliikenteen säilymisen takia. Rakentamisen infrakustannukset ovat 120 000 euroa pienemmät. Kustannusten pienentäminen pienentä myös yhteiskuntataloudellisissa kannattavuusarvioissa huomioitavia korkoja ja

diskonttausta rakentamisen ajalta sekä julkisen varojen rajakustannusta eli verokerrointa. Yhteiskuntataloudellisessa kannattavuuslaskelmassa huomioitavat kustannukset ovat yhteensä 46,9 miljoonaa euroa.

Herkkyystarkastelun yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma on esitetty taulukossa 22. 30 vuoden laskentajaksolla hyödyt pienenevät 15 miljoonaa euroa. Hankkeen hyöty-kustannussuhde pienentyy arvosta 2,9 arvoon 2,6, mutta hanke ylittää edelleen selvästi taloudellisen kannattavuuden raja-arvon (1).

Taulukko 21. Yhteiskuntataloudellinen kannattavuuslaskelma tilanteessa, jossa Kaivokatu on auki henkilöautoliikenteelle.

	HYÖDYT	2040	Diskontattu pitoajalle 2030–2060
		[milj. € / v.]	[milj €]
Väylänpitäjän kustannusmuutokset		0.0	0.0
Tuottajan ylijäämä		0.0	-0.5
Liikennöintikustannus		-0.7	-12.4
Lipputulojen muutos		0.6	11.9
Kuluttajan ylijäämä		4.7	115.0
Nykyiset matkustajat		4.3	103.1
Siirtyvät matkustajat		0.4	11.8
Autoliikenteen hyödynmuutos		0.0	1.0
Ulkoisvaikutukset		0.2	5.6
Tieliikenteen onnettomuudet		0.1	3.0
Päästökustannukset		0.00	0.1
Melu		0.1	2.5
Julkistaloudellisten verojen muutos		0.0	0.3
Tieliikenteen verot ja maksut		-0.1	-1.0
Arvonlisäverot		0.1	1.3
Jäännösarvo 30 vuoden jälkeen		0	0.0
Hyödyt yhteensä		4,9	134.9
Hyöty-kustannussuhde		-	2,6

5.2. Helsingin yliopiston metroaseman pohjoinen kävely-yhteys

Helsingin yliopiston metroasemalla on nykytilanteessa sisäänkäynti vain aseman eteläpäässä. Pohjoisen sisäänkäynnin toteuttamista on pohdittu osana Kaisaniemenkadun liikennenympäristön kehittämistä. Tässä työssä mahdollisen pohjoisen sisäänkäynnin vaikutuksia tarkasteltiin liikenne-ennustemallilla. Oletuksena on, että asemalta toteutettaisiin kävely-yhteys Unioninkadun ja Liisankadun risteykseen. Erilaisia mahdollisia vaihtoehtoja pohjoiselle sisäänkäynnille on liukuportaat asemahallilta lippuhalliin risteyksen alapuolelle, josta on kulkuyhteydet Liisankadun ja Kaisaniemenpuiston suuntaan, tai hissiyhteys asemalaiturin lähistöltä Yrjö Koskisen kadun länsipäähän.

Tarkastelussa on poistettu Kaisaniemenkadun raitiopysäkki, sillä pysäkin toimivuus jää raitioliikenteen tihtyessä liian heikoksi. Pysäkin osalta on ajateltu, että uusi metroaseman pohjoinen kävely-yhteys mahdollistaisi pysäkin poistamisen. Poiston on arvioitu nopeuttavan raitioliikennettä minuutilla suuntaansa (jokaisen raitiovaunun matka-aika Rautatieasemalta Hakaniemeen tai Hakaniemestä Rautatieasemalle). Lisäksi pysäkin poisto parantaa merkittävästi raitioliikenteen täsmällisyyttä. Täsmällisyshyötyjä ei ole kuitenkaan huomioitu tässä herkkyystarkastelussa. Pysäkin poistolla on myös haittoja paikalliselle saavutettavuudelle.

Mallinnus huomioi tämän karkeasti, mutta poiston hyödyt ja haitat tulee arvioida tarkemmin jatko suunnittelussa, jos sen suhteen päätetään edetä.

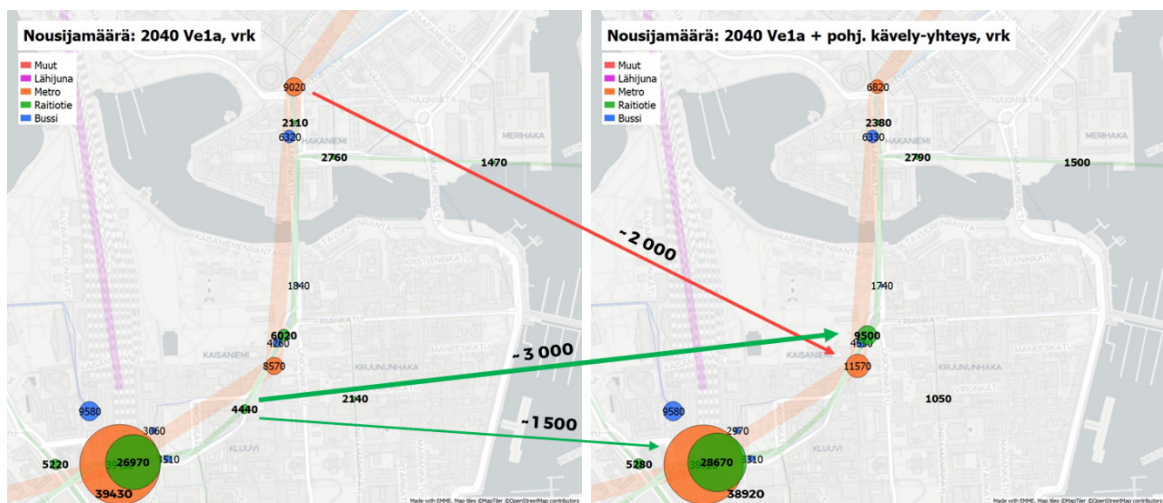
Uusi kävely-yhteys aseman pohjoispuolelle ja raitioteiden nopeutuminen kasvattaa raitiotien matkustajamääriä. Muutosten myötä Helsingin yliopiston metroasemalla tehdään n. 3000 nousua enemmän vuorokaudessa. Nousut siirtyvät osittain Hakaniemen metroasemalta, jolloin Helsingin yliopiston metroasemasta tulee mallinnuksen perusteella suosituempi kuin Hakaniemen asemasta. Kaisaniemenkadun raitiotiepysäkin käyttäjät siirtyvät enimmäkseen Kaisaniemenpuiston pysäkillä ja osittain Kaivokadulle.

Helsingin metroaseman pohjoisen kävely-yhteyden ja Kaisaniemenkadun pysäkin poistamisen matkustajien aika- ja palvelutasohyödyt ovat noin 2 miljoonaa euroa vuodessa. Laskentaan liittyy epävarmuuksia, sillä mallin aluejako on karkea kävely-yhteyksien tarkkaan arviointiin. Hyötyen perusteella voidaan kuitenkin suuntaa antavasti todeta, että sisäänkäynnin toteuttaminen on yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa (H/K-suhde yli 1), jos sen investointikustannus on alle noin 40 miljoonaa euroa.

Arvioiduista hyödyistä noin puolet perustuu pohjoisen kävely-yhteyden toteuttamiseen (miljoona euroa/vuosi) ja noin puolet Kaisaniemenkadun pysäkin poistamiseen (miljoona euroa/vuosi). Kaisaniemenkadun pysäkin poistamisesta ei ole tehty päätöksiä ja siten pysäkin poistaminen on epävarmaa. Jos Kaisaniemenkadun pysäkkiä ei poisteta, metroaseman uuden sisäänkäynnin toteuttaminen on yhteiskuntataloudellisesti kannattavaa, jos sen investointikustannus on alle noin 20 miljoonaa euroa.

Kaisaniemenkadun pysäkin poistamisella on haitalliset vaikutukset pysäkin lähiympäristön saavutettavuuteen. Seuraavaksi lähimmät pysäkit ovat Kaisaniemenpuiston pysäkki noin 200 metrin päässä ja Kaivokadun/Rautatieaseman pysäkki noin 400 metrin päässä. Alue, jolta matkat lähimmälle raitiopysäkillä pidentyvät, muodostuu lähinnä Hirven, Kameelin ja Oravan kortteleista, joita rajaa lännessä Mikonkatu, etelässä Yliopistonkatu, idässä Fabianinkatu ja pohjoisessa Puutarhakatu.

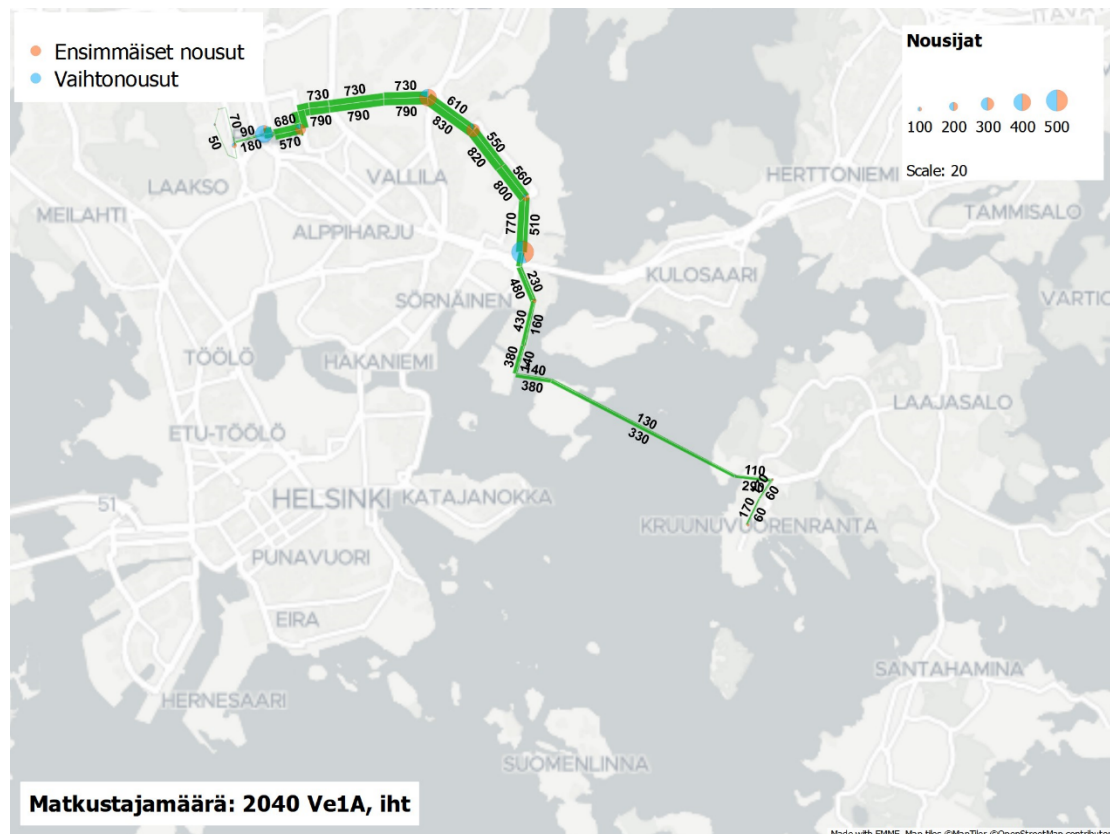
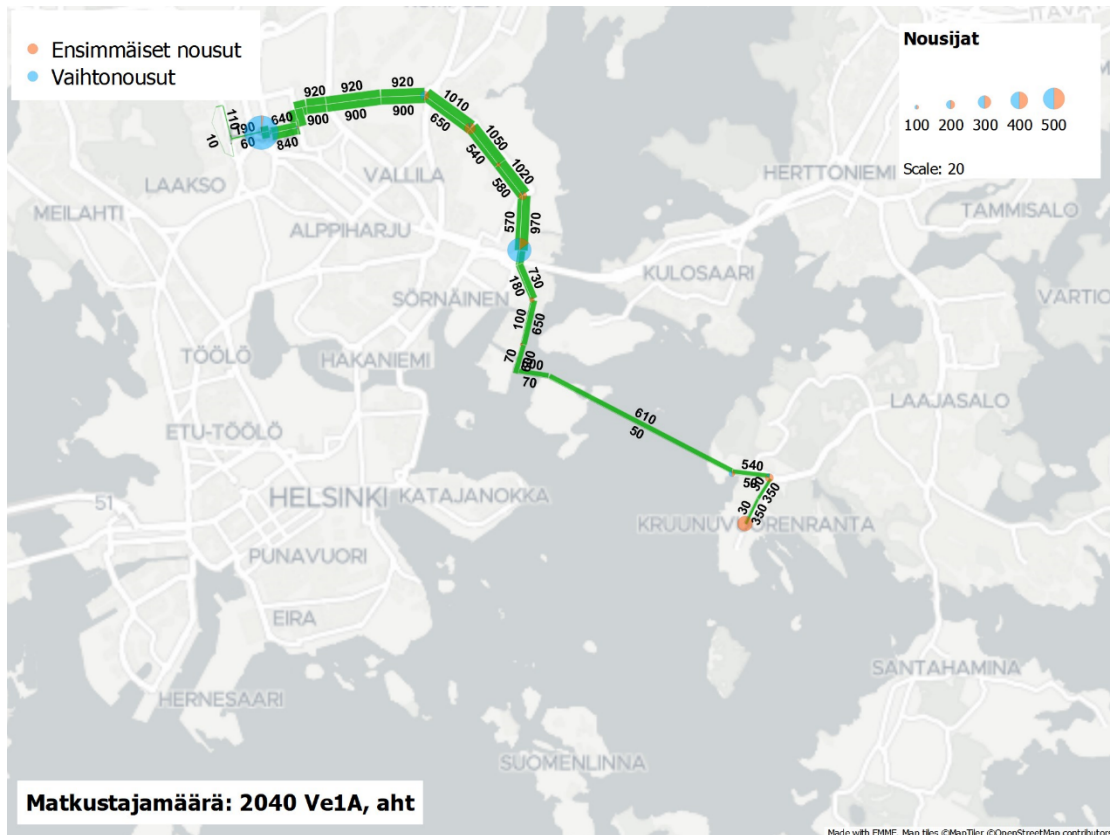
Pysäkin poistamisen hyödyt pysäkin ohi kulkeville matkustajille ovat kuitenkin suuremmat kuin haitat pysäkin käyttäjille, nettohyötyjen ollessa edellä mainitut miljoona euroa vuodessa. Pysäkin poistamisen hyödyt todennäköisesti kasvavat, jos huomioidaan myös mahdollisten myöhempien pikaraitiotiehankkeiden (Mäkelänbulevardin pikaraitiotie ja Viikin-Malmin pikaraitiotie) vaikutukset raitioliikenteen määrään. Mitä enemmän Kaisaniemenkadulle toteutuu raitioliikennettä, sitä haastavampaa raitioliikennettä olisi toteuttaa täsmällisesti Kaisaniemenkadun pysäkin läpi, jolloin pysäkin poistamisen hyödyt kasvavat.



Kuva 25. Mallinnetut nousijamäärät hankevaihtoehdossa ja herkkyystarkastelussa. Nuolet kuvaavat nousujen siirtymistä herkkyystarkastelussa karkealla tasolla.

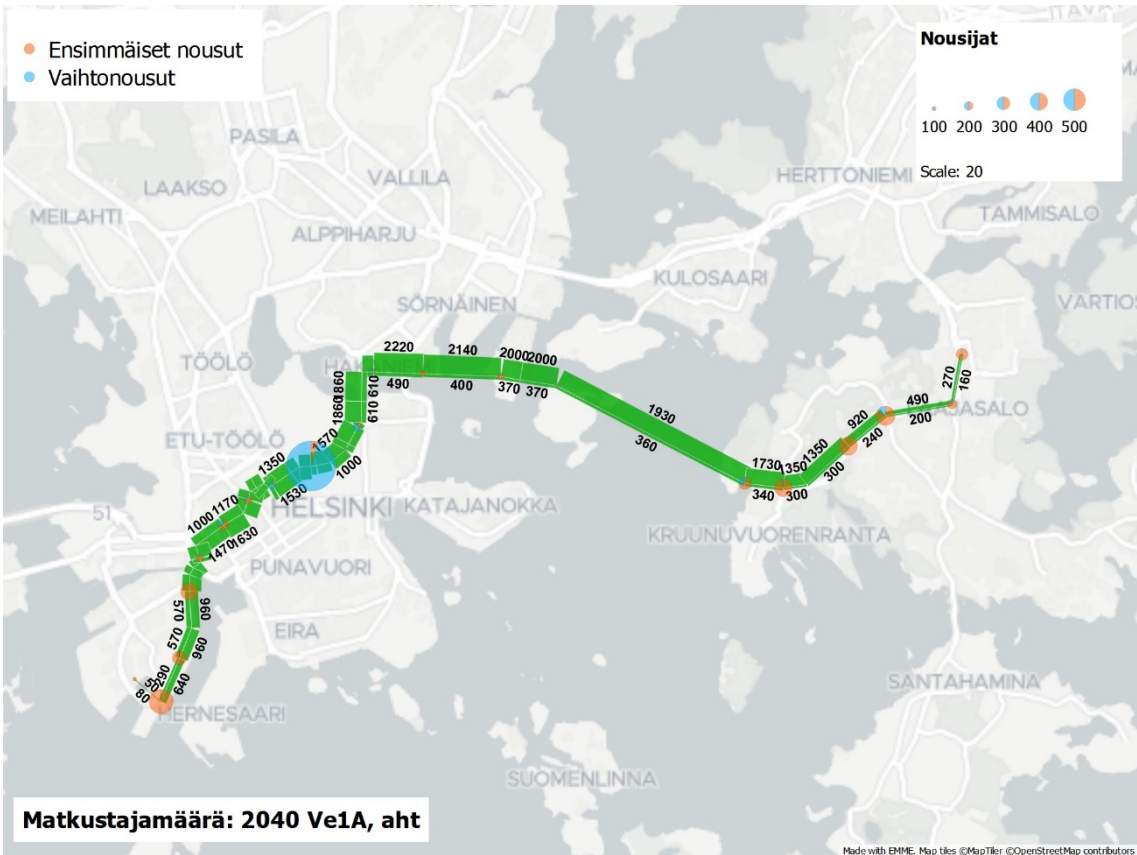
Liite 1. Matkustajamäärät linjoilla 11,12 ja 13 huipputunteina ja vuorokaudessa

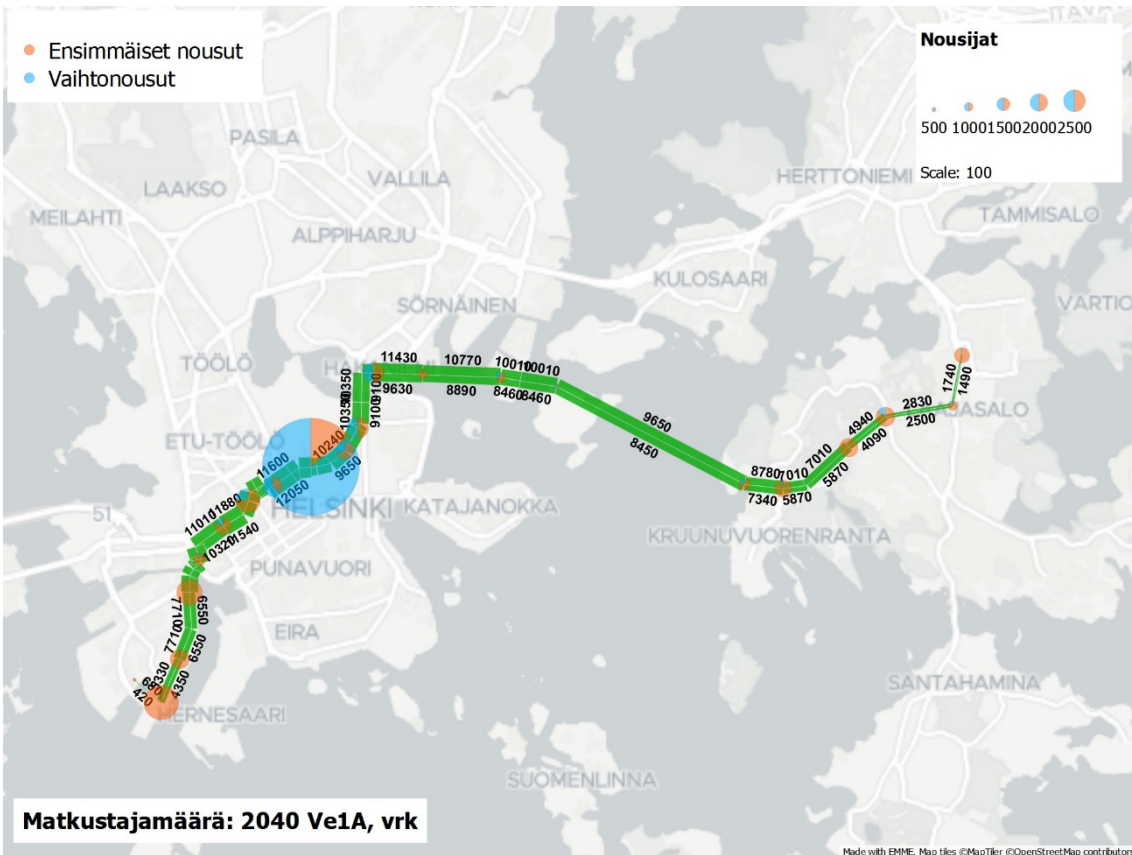
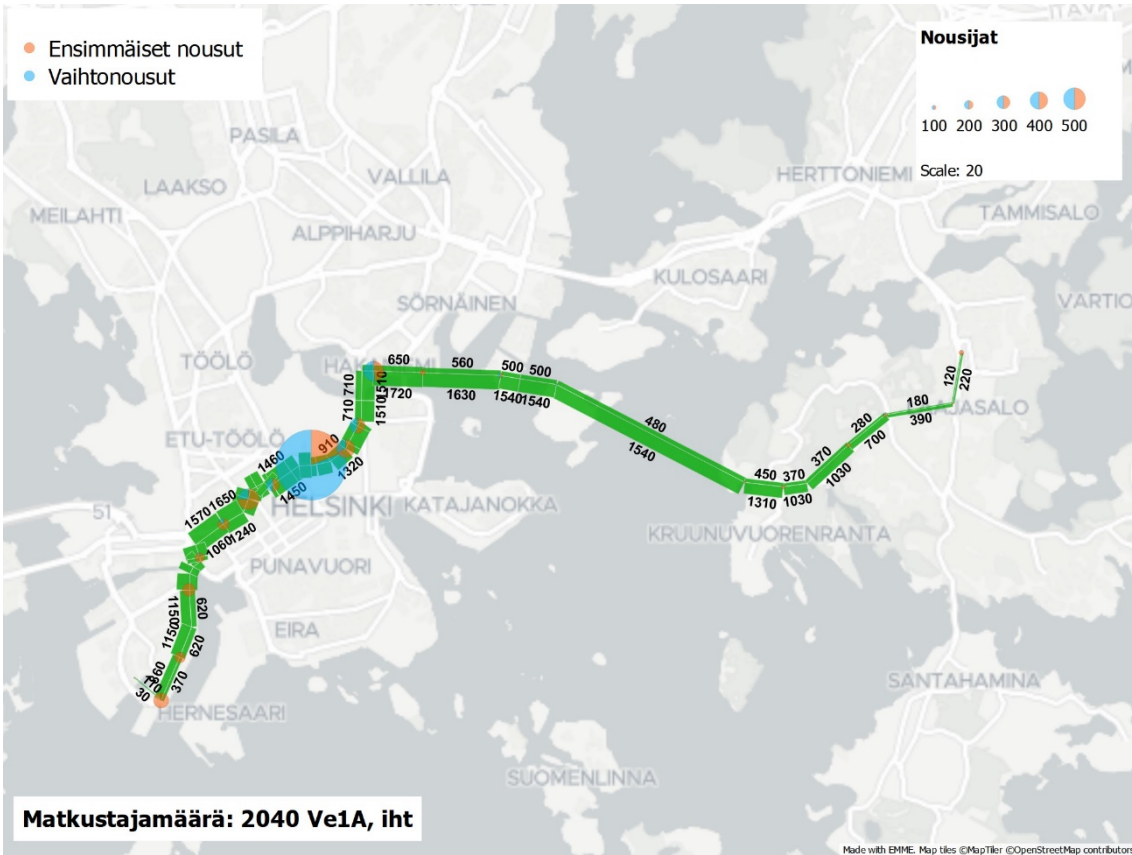
Linja 11



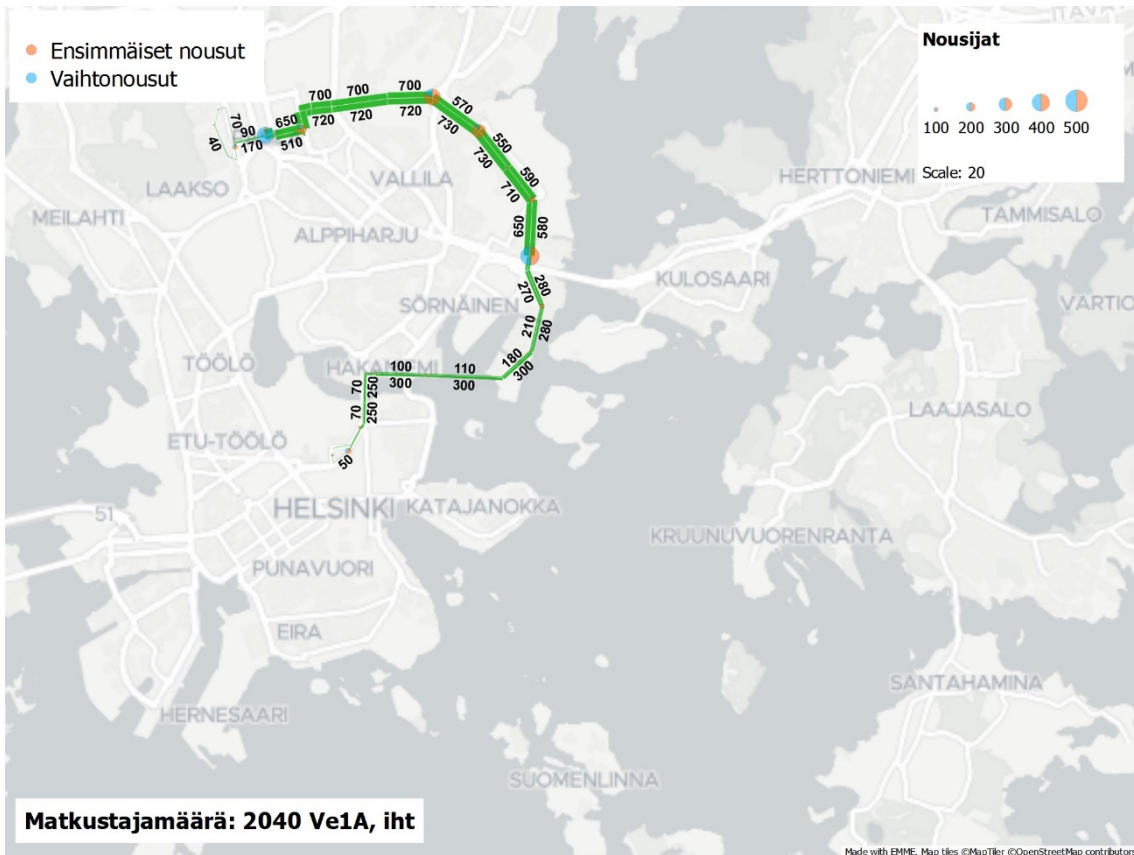
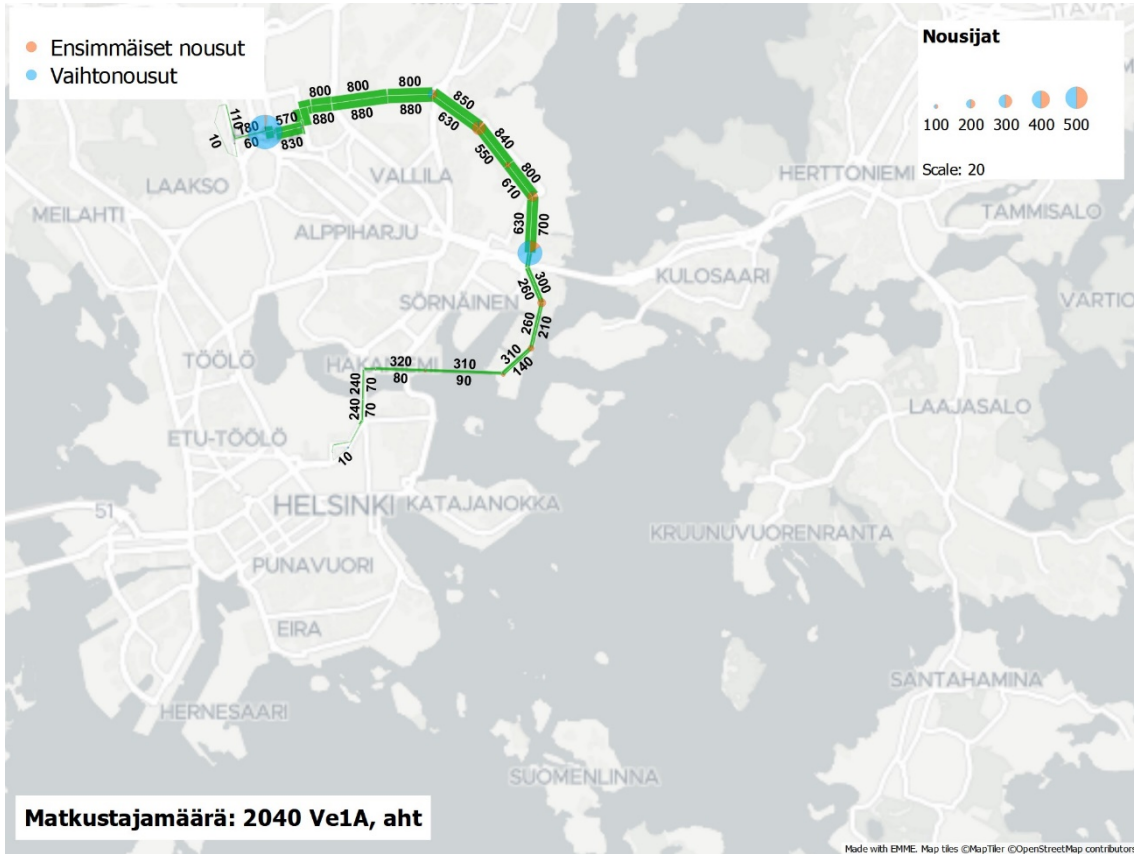


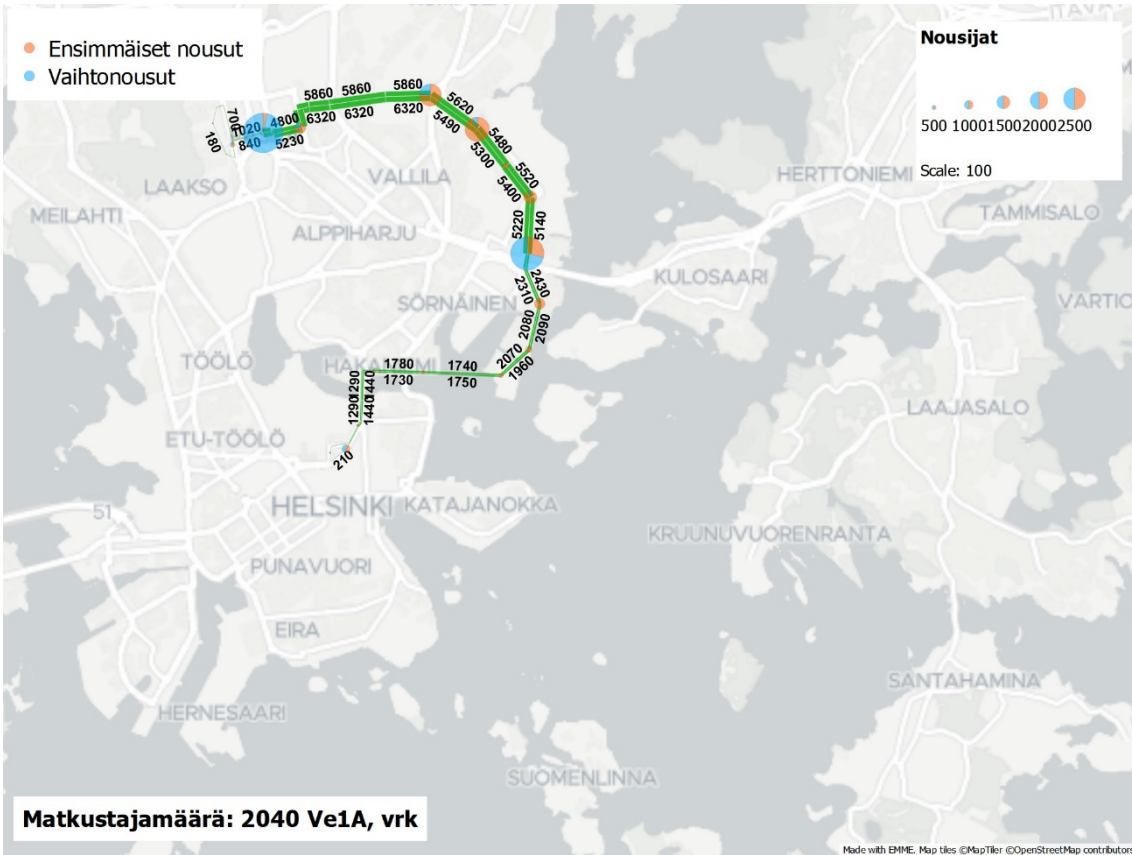
Linja 12





Linja 13





Helsinki

Helsingin kaupunki
Toimijan nimi

Pohjoisesplanadi 11–13
00170 Helsinki
PL 1
00099 Helsingin kaupunki
Puhelinvaihde 09 310 1641

www.hel.fi