

Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantaminen



Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantaminen

Liikenneviraston suunnitelmia 1/2014

Liikennevirasto
Helsinki 2014

Kannen kuva: Tietoa Finland

ISSN-L 1798-8217
ISSN 1798-8217
ISBN 978-952-255-401-7

Verkkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-8217
ISSN 1798-8225
ISBN 978-952-255-400-0

Kopijyvä Oy
Kuopio 2014

Julkaisua myy/saatavana
paino.kuopio@kopijyva.fi

Liikennevirasto
PL 33
00521 HELSINKI
Puhelin 0295 34 3000

Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantaminen. Liikennevirasto, suunnitteluosasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston suunnitelmia 1/2014. 29 sivua. ISSN-L 1798-8217, ISSN 1798-8225, ISBN 978-952-255-107-8.

Avainsanat: rautatiet, ratapihat

Tiivistelmä

Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantaminen (HELRA-lähtökohdat) -projektissa on suunniteltu ja analysoitu Suomen vilkkainta henkilöliikenteen ratapihaa hyödyntäen liikennesimulointia ja visualisointia kokonaan uudella tavalla. HELRA-projektin päätavoitteina on ollut lisätä kapasiteettia ja liikenteen häiriösietoisuutta Helsingin ratapihalla ja sen välittömässä läheisyydessä. Tavoitteet ovat lähiliikenteen osalta kaukoliikennettä kriittisempiä, sillä kaukoliikenteen kehittämistarpeet sijaitsevat ensisijaisti tässä työssä tarkastellun alueen ulkopuolella.

Ratapihan toimintaa ja tarpeita on tarkasteltu kokonaisuutena ottaen huomioon mm. ratainfrastruktuuri, sähkörata, turvalaitejärjestelmä ja asetinlaite sekä nykyiset ohjeet. Eri kehitysvaihtoehtojen luomisen sekä analysoimisen, vaiheittaisen suunnittelun tarkentamisen, eri suunnitteluosa-alueiden tiiviin yhteistyön sekä laajan sidosryhmätyön avulla on etsitty optimaalista kehitysvaihtoehtoa Helsingin ratapihalle.

Työssä on laadittu useita eri raiteistovaihtoehtoja, joista potentiaalisimmat on suunniteltu ja analysoitu tarkemmin. Liikenteellisten vaikutusten arviointi perustuu merkittäviltä osin liikenteen simulointi- ja visualisointitarkasteluihin. Simulointitarkasteluiden aikana on analysoitu kuutta täysin erilaista, vaihtoehtoista Helsingin ratapihan raiteistomallia. Tarkasteluiden perustella Pasilan liikennepaikka määrittää tarkastelualueella maksimikapasiteetin varsinkin lähiliikenteelle.

Vaihtoehtojen arvioinnissa on huomioitu jokaisesta vaihtoehdosta kustannusarvio, liikenteellinen saavutettavuus ja ratakapasiteetti, häiriösietoisuus, vaikutukset ihmisiin ja ympäristöön, vaikutukset julkiseen talouteen, rakentamisen aikaiset vaikutukset ja muut vaikutukset (mm. raiteistomuutosten ja turvalaitemuutosten välilliset vaikutukset kapasiteettiin ja häiriösietoisuuteen).

Työn aikana luotu vaihtoehto VE4+ on simulointien ja muun tehdyn arviointityön perusteella nyt tarkastelluista vaihtoehdoista paras. Raiteistoltaan vaihtoehto VE4+ pohjautuu pitkälti nykyiseen raiteistoon ja siinä olevat yksittäiset kehityskohteet voidaan toteuttaa erillisinä investointeina. Vaihtoehdon toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä työnaikaisia liikennehaittoja. Turvalaitteiden kannalta huomioitavaa on se, että muutokset voidaan toteuttaa nykyisen asetinlaitteen laajenuksena ja uuden asetinlaitteen hankinta on mahdollista tehdä myöhemmin tai yhteensovittaa muiden alueella toteutettavien investointien kanssa.

Esipuhe

Helsingin ratapihan toiminnallisuuden parantaminen (HELRA lähtökohdat) hanke on toteutettu Liikenneviraston tilaamana ja ohjaamana vuosien 2012 ja 2013 aikana.

Hankkeen tavoitteena on ollut toiminnallisuuden, liikenteen ja toteutettavuuden kannalta optimaalisen raiteistomallin löytäminen Helsingin ratapihalle. Merkittävänä osana hanketta ja sen tavoitteita on ollut Helsingin ratapihan turvalaitteiden uusimisen lähtökohtien selvitys.

Työtä ohjanneeseen projektinhallintaryhmään ovat osallistuneet

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

Hanke on toteutettu kahden erillisen osatehtävän tiiviissä yhteistyössä.

Osatehtävään 1 on sisällynyt Helsingin ratapihan kehitysvaihtoehtojen liikennesimulointi ja raiteisto- sekä työvaihesuunnittelu. Osatehtävän 1 ovat toteuttaneet Proxion Plan Oy ja Ramboll Finland Oy. Proxion Plan Oy:ssä työstä ovat vastanneet Tuomas Lonka ja Julius Vuoriluoto. Ramboll Finland Oy:ssä työstä ovat vastanneet Jukka-Pekka Pitkänen, Hannele Vartia ja Markus Helelä.

Osatehtävään 2 on sisällynyt Helsingin rautatieliikennepaikan turvalaitteiden ja sähköradan uusimiseen liittyvien lähtökohtien selvitys. Osatehtävän 2 on toteuttanut VR Track Oy ja työstä ovat vastanneet Johan Sjöblom, Jarno Leivo ja Jyrki Saarro.

Aktiivinen yhteistyö myös muiden eri sidosryhmien kanssa on ollut työn luonteen ja suunnittelualan haasteellisuuden takia erityisen tärkeässä roolissa. Työn aikana on järjestetty useita työpajoja ja sidosryhmien mielipiteillä sekä kommentteilla on ollut merkittävä vaikutus työn etenemiseen.

Helsingissä tammikuussa 2014

Liikennevirasto
Suunnitteluosasto

Sisällysluettelo

1	HANKKEEN KUVAUS	6
1.1	Tausta	6
1.2	Tavoite	6
1.3	Hanke	6
1.4	Vuorovaikutus	7
1.5	Muut suunnitelmat ja selvitykset	7
2	LIIKENTEELLISET LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET.....	8
2.1	Liikennemalli	8
2.2	Liikennetarkastelun vaiheet ja niiden tavoitteet	9
3	SUUNNITTELUVAIHTOEHDOT	11
3.1	Yleistä	11
3.2	Jaetun raiteiston malli VE1	11
3.3	Vaihtoehtoinen konfliktipiste VE2.....	12
3.4	Siltavaihtoehto VE3	13
3.5	Yhdistelmämalli VE4.....	14
4	SIMULOINTIEN TULOKSET	17
4.1	Normaalin liikennetilanteen tulokset	17
4.2	Häiriötilanteiden simuloinnit	20
4.3	Kolmen minuutin vuorovälin erityistarkastelu.....	22
4.4	Erityistarkastelut nopeusrajoitusten vaikutuksista	23
5	VAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI	25
5.1	Kustannukset.....	25
5.2	Vaihtoehtojen vertailu	26
5.3	Vertailun yhteenveto.....	27
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKO.....	28
6.1	Jatkosuunnitteluun suositeltava vaihtoehto	28
6.2	Liikenne ja kapasiteetti	28
6.3	Jatkosuunnittelussa huomioitavat seikat	29

1 Hankkeen kuvaus

1.1 Tausta

Helsingin ratapihan liikenne on kasvanut merkittävästi viimeisen kymmenen vuoden aikana. Ratapihan nykyinen raiteisto ja toimintamalli eivät enää palvele parhaalla mahdollisella tavalla kasvaneen ja muuttuneen liikenteen tarpeita. Kasvanut liikennemäärä aiheuttaa haasteita sekä kapasiteetin riittävyyteen että häiriötilanteista palautumiskykyyn. Häiriötilanteet ovat viime vuosina olleet Helsingin alueella yleisiä ja niistä on aiheutunut merkittäviä liikennehaittoja koko rautatiejärjestelmän toimintaan.

1.2 Tavoite

HELRA-hankkeen päätavoitteina on ollut kapasiteetin ja liikenteen häiriösietoisuuden lisääminen Helsingin ratapihalla ja sen välittömässä läheisyydessä. Tavoitteet ovat lähiliikenteen osalta kaukoliikennettä kriittisempiä, sillä kaukoliikenteen kehittämistarpeet sijaitsevat ensisijaisesti tässä työssä tarkastellun alueen ulkopuolella.

Hankkeen tämän työvaiheen yleisenä tavoitteena on ollut Helsingin ratapihan toiminnallisuuden kehittämismahdollisuuksien selvittäminen. Ratapihan toimintaa ja tarpeita on tarkasteltu kokonaisuutena ottaen huomioon mm. ratainfra, sähkörata, turvalaitejärjestelmä ja asetinlaite sekä nykyiset ohjeet. Eri kehitysvaihtoehtojen luomisen sekä analysoimisen, vaiheittaisen suunnittelun tarkentamisen ja eri suunnitteluosalualueiden tiiviin yhteistyön avulla on etsitty optimaalista kehitysvaihtoehtoa Helsingin ratapihalle.

1.3 Hanke

Hankkeessa ratapihan toiminnallisuutta on lähdetty miettimään täysin puhtaalta pöydältä liikenne etusijalla. Työssä on laadittu useita eri raiteistovaihtoehtoja, joista potentiaalisimmat on suunniteltu ja analysoitu tarkemmin. Liikenteellisten vaikutusten arviointi perustuu merkittävilta osin liikenteen simulointi- ja visualisointitarkasteluihin.

Rautatieliikenteen liikennetarkasteluissa on tärkeää huomioida, että tulokset riippuvat aina sekä infrastruktuurista, käytettävästä aikataulurakenteesta että liikennöitävästä kalustosta. Jotta kaikkien eri vaihtoehtojen liikennetarkastelut olisivat yhteismittaisia, on työssä jouduttu kehittämään myös uusia työmenetelmiä ja arvioimaan aiemmin käytettyjen tunnuslukujen soveltuvuutta tämänkaltaiseen projektiin.

HELRA:n liikennetarkastelu on todennäköisesti suurin Suomessa tehty ratapihoja koskeva simulointi- / visualisointityö. Ratapihan laajuuden lisäksi työn haastavuutta on lisännyt työssä tarkemmin arvioitujen vaihtoehtoisten raiteistomallien lukumäärä. Liikennetarkasteluiden aikana on analysoitu kuutta täysin erilaista, vaihtoehtoista Helsingin ratapihan raiteistomallia.

1.4 Vuorovaikutus

Yhteistyö sidosryhmien kanssa on ollut työn luonteen ja suunnittelualueen haasteellisuuden takia erityisen tärkeässä roolissa. Työn aikana on pidetty kolme suunnittelu-työpajaa, kolme riskienhallintatyöpajaa ja erillinen tulosten esittelytilaisuus. Eri suunnitteluvaiheiden tulokset on esitelty työpajoissa sidosryhmien edustajille. Sidosryhmien mielipiteillä ja kommentteilla on ollut merkittävä vaikutus työn suuntautumisessa ja vaihtoehtojen kehittämisessä.

Työpajoihin on osallistunut projektinhallinta- ja suunnitteluryhmän jäsenten lisäksi mm. operaattorien, kunnossapitäjän, Finrail Oy:n, Liikenteen turvallisuusviraston, Helsingin kaupungin sekä Liikenneviraston edustajia.

Aktiivista sidosryhmätyötä on tehty myös työpajojen välillä. Haastatteluja ja keskusteluja mm. uusien kehitysideoiden toteutusmahdollisuuksista sekä simulointitarkasteluissa käytettävän liikennemallin lähtökohdista on käyty useaan otteeseen eri sidosryhmien edustajien kanssa. Sidosryhmien haastatteluiden sekä työn aikana pidettävien työpajojen päätavoitteena on ollut saada mukaan kaikki toiminnallisuuteen liittyvät toiveet ja varmistaa työn aikana, että kehitellyt vaihtoehdot vastaavat parhaalla mahdollisella tavalla kaikkien sidosryhmien toiveisiin.

1.5 Muut suunnitelmat ja selvitykset

Suunnittelussa on huomioitu seuraavat aiemmin tehdyt suunnitelmat ja selvitykset:

- Pasilan läntisen lisäraiteen yleissuunnitelma 2011
- Keski-Pasilan ratapiha-alueen muutostyöt
- Helsingin ratapihan toiminnallinen tarkastelu 2011
- Pissaradanan yleissuunnitelma 2012 (vain varauksena raiteiston ja turvalaitteiden suunnittelussa)

Simulointeihin ja visualisointeihin liittyen työn alussa on kerätty yhteen saatavilla oleva simulointimateriaali, jota on voitu hyödyntää myös tässä työssä. Keskeisimmät lähtötiedot työn simulointeihin (sisältäen vanhat simulointimallit ja simulointimallien lähtötietotiedostot) ovat olleet:

- Helsingin ratapihan aiemmat simulointitarkastelut
- Pääradan aiemmat simulointitarkastelut
- Pissaran simulointitarkastelut
- Suomessa käytössä olevan junakaluston lähtötietotiedostot

Suunnittelun aikana Helsingin ratapihaa ja ratapihan tunnistettuja ongelmakohtia verrattiin mm. Pariisin Gare du Nordin, Amsterdamin ja Zurichin päärautatieasemien infrastruktuuri- ja liikenteen ohjaus ratkaisuihin.

2 Liikenteelliset lähtökohdat ja tavoitteet

2.1 Liikennemalli

Tarkasteltavan liikennemallin pohjana on ollut nykyinen aikataulurakenne, johon si-dosryhmien haastatteluissa esille tulleita mahdollisia lähitulevaisuuden uusia juna-vuoroja on pyritty lisäämään ja yhteensovittamaan nykyisen rakenteen kanssa. Nykyi-sille junille tehtiin vain vähäisiä muutoksia, jotta nykyinen kaukoliikenteen vakioaika-taulurakenne olisi edelleen toteutettavissa lisäyksistä huolimatta. Taulukossa 1 on esitetty simulointitarkasteluissa käytetty, lähitulevaisuuden liikennemallin juna-tarjonta klo 14–19.

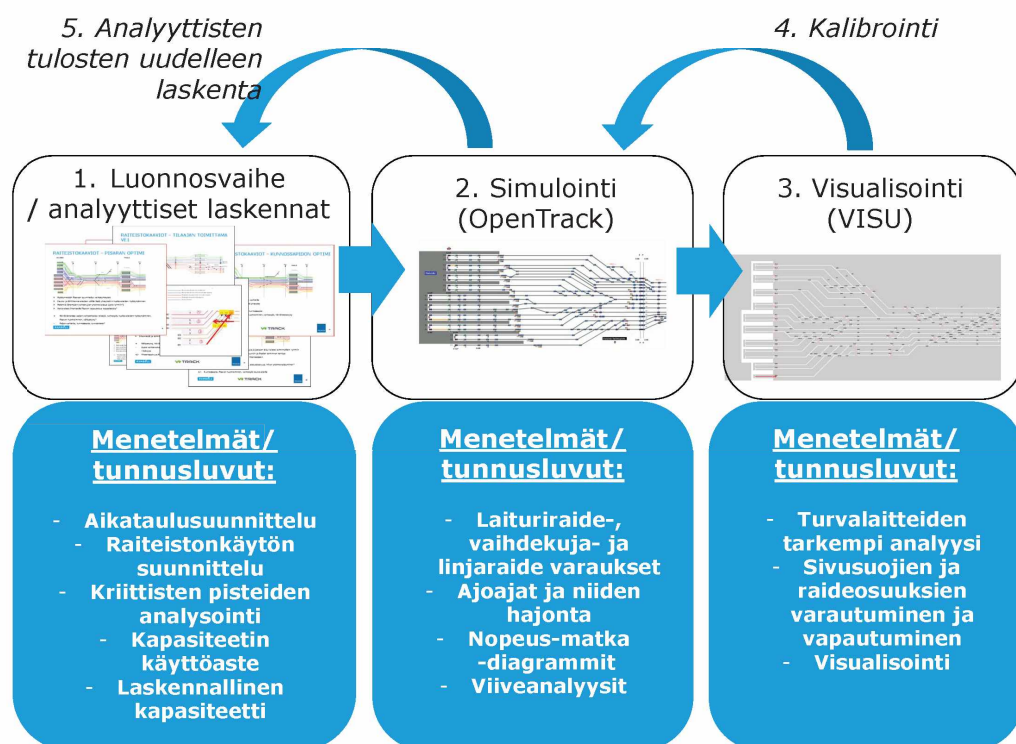
Taulukko 1. Iltapäivän huipputunnin (14–19) junatarjonta.

	Etelään	Pohjoiseen
<u>LÄHIJUNAT</u>	(junaa/h)	(junaa/h)
Y	1	1
S/U/E	4	4
A	6	6
M	6	6
K/N	6	6
I	6	6
H/R	3	3
Z	2	2
EIL	0	2
<u>Pääradan kaukojunat</u>	(junaa/h)	(junaa/h)
HKI-TPE	2	2
Oikorata Karjalaan	1	1
Oikorata Savoon	1	1
Allegro	1	1
<u>Rantaradan kaukojunat</u>	(junaa/h)	(junaa/h)
HKI-TKU	1	2
KAIKKI YHTEENSÄ	40	43

2.2 Liikennetarkastelun vaiheet ja niiden tavoitteet

Liikennetarkastelut on suoritettu useassa vaiheessa (kuva 1). Työn luonnosvaiheessa analyysit ovat perustuneet analyttisiin laskentamenetelmiin (erityisesti UIC 406 – kapasiteetin käyttöasteen laskenta) sekä alustavien raiteistokaavioiden vertailuun. Vertailussa on erityisesti kiinnitetty huomiota eri sidosryhmien haastatteluissa esille tulleiden toiveiden toteutumiseen eri vaihtoehtojen välillä.

Seuraavassa vaiheessa tarkemmin suunnitellut raiteistokaaviot on rakennettu ja liikennemallit syötetty OpenTrack-simulointiohjelmistoon, jonka avulla vaihtoehtoista tehtiin tarkemmat liikenteelliset analyysit. Simuloiteja on tehty aluksi perustilanteesta ilman häiriöitä ja myöhemmin eri viive- ja häiriötilanteista. Rinnan simulointien kanssa on tehty myös visualisointeja VISU-ohjelmistolla, jonka avulla on myös varmistettu, että OpenTrack-simulointiohjelma mallintaa oikein mm. raideosuuksien ja sivusuojien varautumisen. Aina, kun virhe tai epälooginen toiminta on havaittu VISU-ohjelmistossa, havaitut virheet on korjattu OpenTrack-ohjelmistoon, ja simuloinnit on tältä osin ajettu uudelleen. Lopuksi OpenTrack-ohjelmistolla saatujen simulointitulosten perusteella liikenteen toimivuuden päätunnusluvut (mm. kapasiteetin käyttöaste ja laskennallinen ratakapasiteetti) on laskettu uudelleen analyttisin menetelmien.



Kuva 1. Liikennetarkasteluiden työvaiheet.

Liikenteen simulointeja ja visualisointeja on tehty työn aikana viidessä eri vaiheessa:

- **Simulointikierros 1 – Normaali liikennetilanne** – Ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena on ollut varmistaa kunkin tarkastellun raiteistovaihtoehdon toimivuus tilanteessa, jossa junat kulkevat aikataulussa ilman häiriöitä. Tämän vaiheen tulosten analysoinnissa on keskitetty ajoaikoihin, nopeuksiin, linja- ja laituriraidetarauksiin sekä erityisesti junien aikataulussa pysymiseen (vertailu suunniteltujen ja toteutuneiden aikataulujen välillä).
- **Simulointikierros 2 – Häiriösimuloinnit** – Normaalitilanteen simulointien jälkeen jatkoon valittujen raiteistovaihtoehtojen häiriösietoisuutta on analysoitu ennalta määritettyjen viivejakaumien ja infrastruktuurin ongelmien perusteella. Häiriösimulointien analysoinnissa on erityisesti kiinnitetty huomiota viivästyneiden junien lukumääriin sekä näiden viivesummiin.
- **Simulointikierros 3 – Konfliktiraiteiden erityistarkastelut** – Tarkasteltavista vaihtoehdoista raiteistovaihtoehdot VE2, VE3 ja VE4 sisältävät ns. ”konfliktiraiteen”, jonka ainakin ennen simulointeja oletettiin tuovan lisää kapasiteettia ja häiriösietoisuutta aikatauluihin. Näissä erityistarkastelussa on tutkittu konfliktiraiteen hyödyntämismahdollisuuksia tarkemmin. Tämän kierroksen tulokset eivät ole täysin yhteismitallisia aiempien simulointien kanssa, koska raiteistonkäyttöä ja aikataulurakennetta on säädetty. Tämän vuoksi kierroksen tuloksia onkin verrattava ainoastaan saman vaihtoehdon (VE2, VE3 ja VE4) tuloksiin. Tulostaulukoissa merkinnällä VE2+ tarkoitetaan vaihtoehdosta VE2 tehtyjä erityistarkasteluja.
- **Simulointikierros 4 – Nopeusrajoituksen erityistarkastelut** – Työn loppuvaiheissa nousi kysymys siitä, mikä on nopeusrajoituksen laskun vaikutus, jos suurin sallittu nopeus lasketaan Helsingin ja Pasilan välillä 80 km/h:sta 60 km/h:iin. Tarkastelu tehtiin ainoastaan vaihtoehdoille VE4 ja VE4+, koska nopeusrajoituksen laskua suositeltiin VE4+ vaihtoehtoon lyhyen opastinvälin ja toisaalta riittävän turvallisuustason saavuttamiseksi.
- **Simulointikierros 5 – Vaihtoehtojen vertailussa esille nousseet erityiskysymykset** – Kun vaihtoehtojen vertailun alustavia tuloksia esiteltiin eri sidosryhmille, esille nousi useampia tarkentavia erityiskysymyksiä, joita simuloinnin avulla on tutkittu tämän raportin ensimmäisen version julkaisun jälkeen. Näitä erityiskysymyksiä ovat olleet mm. Pissararadan vaikutus tuloksiin, mahdollisuus liikennöidä 3 minuutin junaväleillä sekä Pasilan lisäraiteen vaikutus tuloksiin.

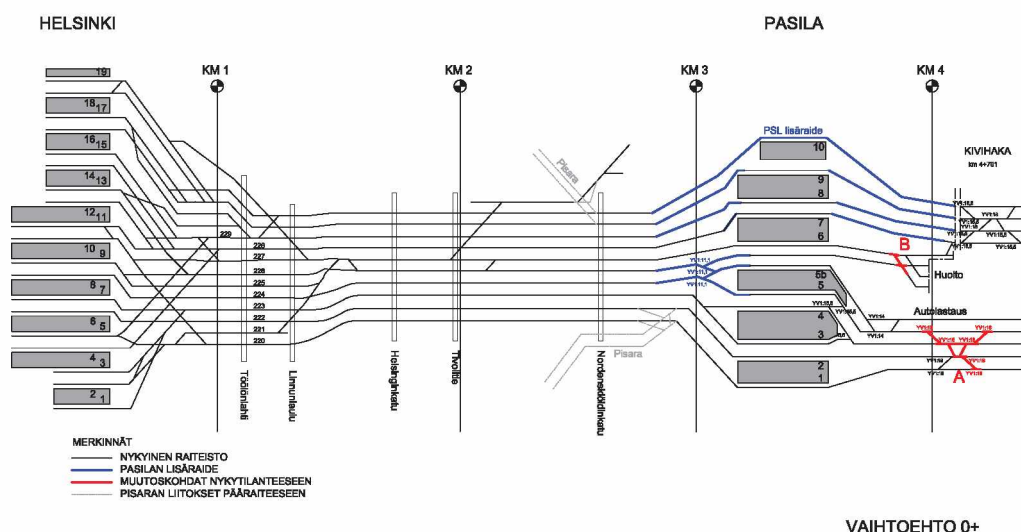
3 Suunnitteluvaihtoehdot

3.1 Yleistä

Simulointitarkasteluissa tulosten vertailuvaihtoehtona on käytetty vaihtoehtoa VEO+, joka vastaa nykytilannetta täydennettynä:

- Pasilan läntisellä lisäraiteella laitureineen,
- Ilmalan liittynnän uudella vaihdeyhteydellä, joka mahdollistaa vasemmanpuoleisen liikenteen huoltoraiteilla (kuva 2, kohta B) ja
- täydellisellä raiteenvaihtopaikalla Keravan suunnan raiteille Pasilan aseman pohjoispuolella noin km 4+440 (kuva 2, kohta A).

Kuvassa 2 on esitettyä vertailuvaihtoehtoon VEO+ tämän työn aikana suunnitellut uudet muutokset sekä Pasilan lisäraiteen tuomat muutokset.



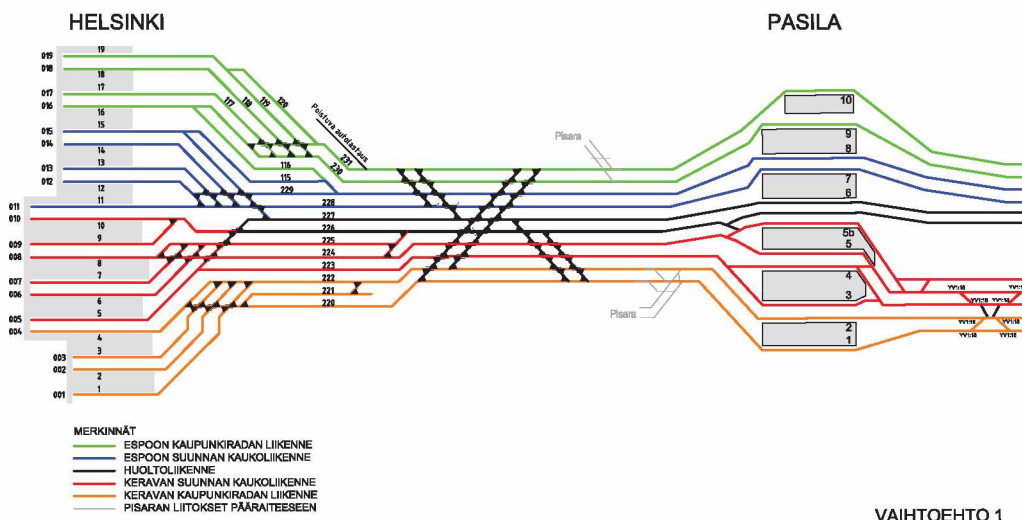
Kuva 2. Vertailuvaihtoehdon VEO+ kaavio

3.2 Jaetun raiteiston malli VE1

Jaetun raiteiston malli (vaihtoehto VE1) on suunniteltu aiemmassa Helsingin rata-pihan toiminnallisessa tarkastelussa 2011. Malli on liitetty osaksi tämän työn lähtö-tietoja, sillä sen vaikutukset liikenteen kapasiteettiin ja raiteiston häiriöherkkyyteen on haluttu selvittää liikennesimulointien avulla.

Työn lähtötietoina saatua kaaviota on muokattu työssä toteutettujen tarkennettujen geometria- ja turvalaitesuunnitelmien mukaisesti. Huomioitavaa on myös liikennesuuntien muuttumisen vaikutukset mallin toimintaan. Alkuperäisessä suunnitelmassa liikenne kaupunkiliikenteen raiteilla on ollut oikeanpuoleista ja tässä työssä tehdyissä tarkasteluissa vasemmanpuoleista.

Kuvassa 3 on esitettyä vaihtoehdon VE1 muokattu raiteistokaavio.



VAIHTOEHTO 1

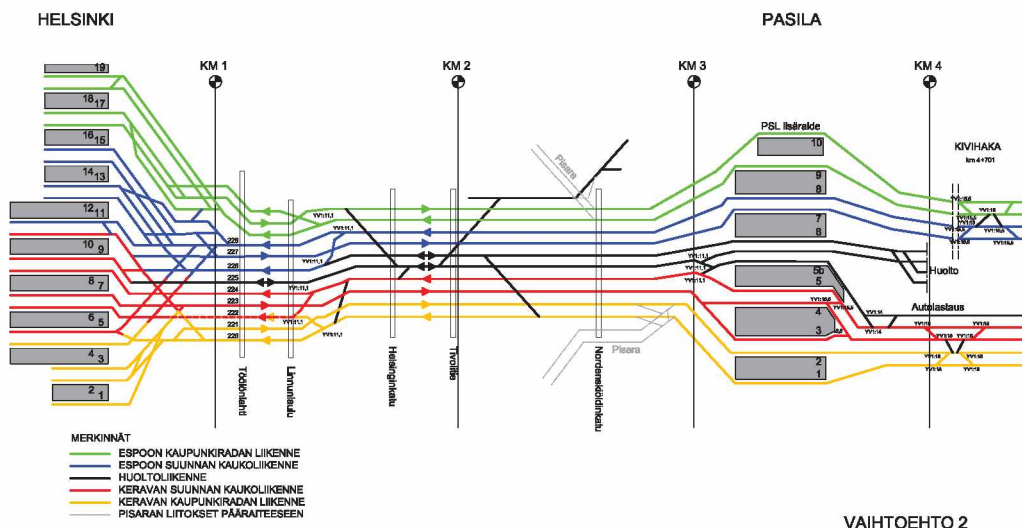
Kuva 3. Vaihtoehdon VE1 muokattu raiteistokaavio.

3.3 Vaihtoehtoinen konfliktipiste VE2

Työn aikana kehitetyssä konfliktipisteen valintavaihtoehdossa VE2 ratapihan suurimmille oletetuille ratakapasiteettia rajoittaville kohdille (Helsingin laiturien jälkeen risteävät kulkutiet) on luotu vaihtoehtoiset kohtauspisteet Linnunlauluun noin sijainnille km 1+400.

Helsinkiin saapuva liikenne on mallissa mahdollista jakaa jokaiselta tulosuunnan raitteelta kahdelle vaihtoehtoiselle ja lähtevän liikenteen raitteen eri puolilla sijaitsevalle raitteelle. Näin kulkuteiden risteämiskohta voidaan valita kahden risteämiskohdan välillä liikennetilanteen mukaan mahdollisimman optimaalisesti ja minimoida konfliktit saapuvan ja lähtevän liikenteen välillä. Helsingin laiturien päässä olevien vaihdekujien varausajat ovat pitkiä, johtuen alhaisesta nopeudesta ja vaihdekujien pituudesta. Uudessa konfliktipisteessä risteävän vaihdekujan varausaika saadaan lyhennettyä yksinkertaisemmilla vaihdeyhteyksillä ja suuremmalla nopeudella.

Kuvassa 4 on esitettyä vaihtoehdon VE2 raiteistokaavio.



VAIHTOEHTO 2

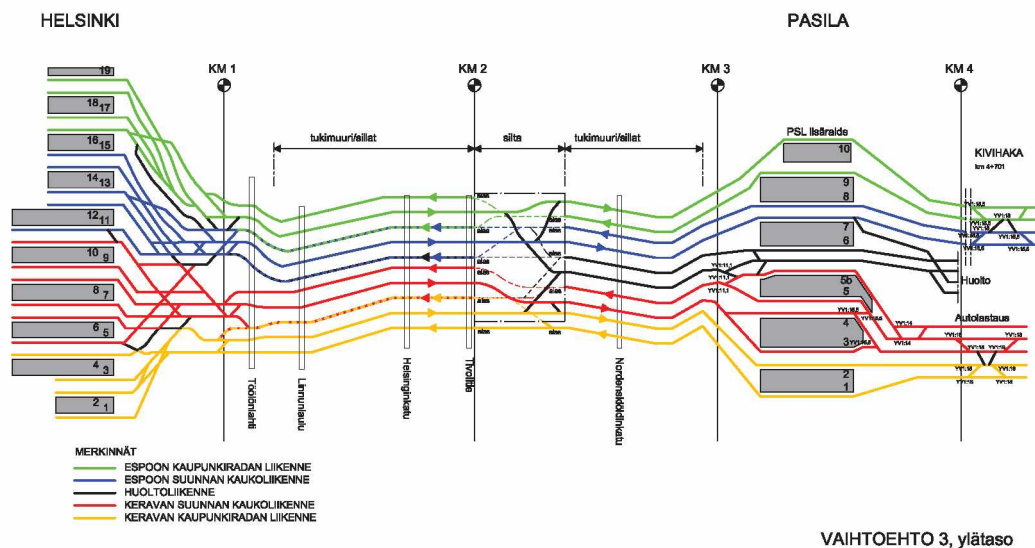
Kuva 4. Vaihtoehdon VE2 raiteistokaavio.

3.4 Siltavaihtoehto VE3

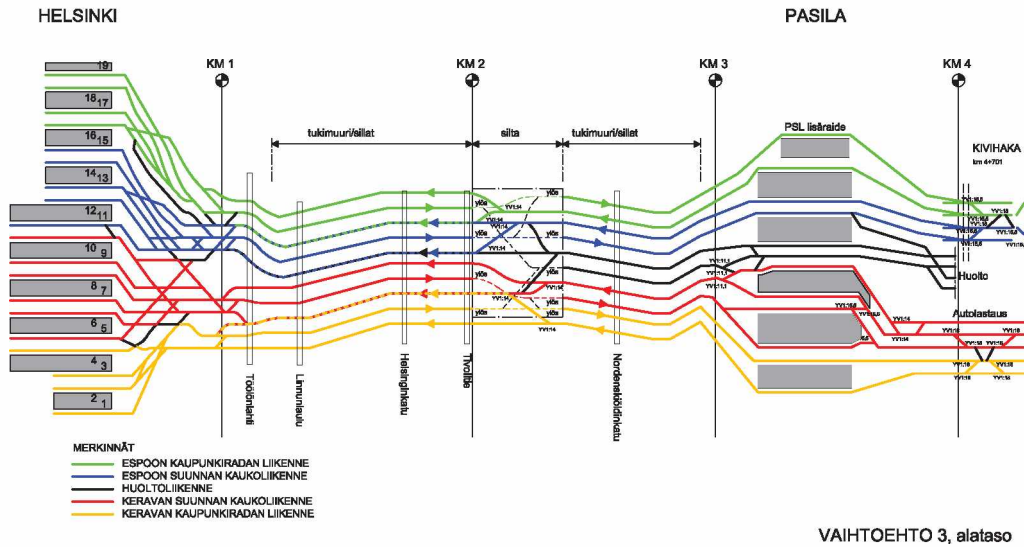
Siltavaihtoehtoon VE3 lähtökohtana on risteävistä kulkuteistä johtuvien ongelmien ratkaiseminen. Helsingin lähtevien ja saapuvien junien ristikkäin ajosta johtuvat ongelmat on tässä vaihtoehdossa ratkaistu siirtämällä liikenne Linnunlaulun ja Pasilan välillä siltaratkaisujen avulla eri tasolle.

Kuten vaihtoehdoisen konfliktipisteen vaihtoehdossa VE2, Helsinkiin saapuva liikenne on mahdollista myös vaihtoehdossa VE3 jakaa jokaiselta tulosuunnan raiteelta kahdelle vaihtoehdoiselle ja lähtevän liikenteen raiteen eri puolilla sijaitsevalle raiteelle. Valinta tehdään vaihtoehdossa VE3 uuden siltatason kohdalla ja tämän takia eri tasossa lähtevän liikenteen kanssa. Lopputuloksena lähtevän ja saapuvan liikenteen risteämistilanne ei ole niin aikatauluriippuvainen kuin muissa esitetyissä vaihtoehdoissa. Tämä myös nostaa merkittävästi linjakapasiteettia Helsingin ja Pasilan välillä.

Kuvassa 5 on esitetty vaihtoehdon VE3 raiteistokaavio ylätasoon vaihdeyhteyksiä korostaen. Kuvassa 6 on esitetty vaihtoehdon VE3 raiteistokaavio alatasoon vaihdeyhteyksiä korostaen.



Kuva 5. Vaihtoehdon VE3 raiteistokaavio (ylätaso).



Kuva 6. Vaihtoehdon VE3 raiteistokaavio (alataso).

3.5 Yhdistelmämalli VE4

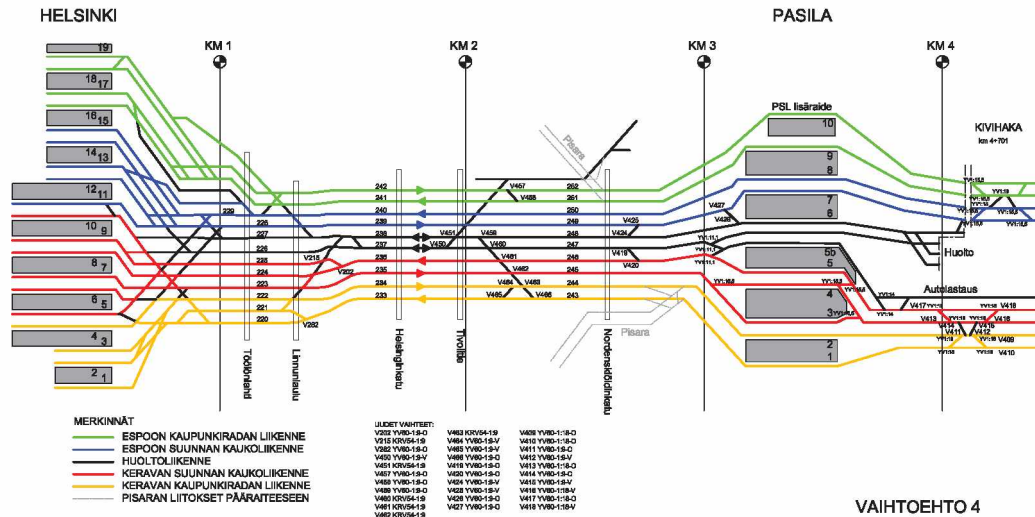
Yhdistelmämalli VE4 on työn viimeiseen ja suunnittelutasoltaan tarkimpaan vaiheeseen valittu kehitysvaihtoehto. Vaihtoehdossa on yhteen raiteistomalliin koottuna muiden työn aikana kehitettyjen mallien parhaita yksittäisiä ideoita ja se yhdistää sekä jo aloitustyöpajassa esiin nousseita kehitysehdotuksia että myöhemmistä simulointitarkasteluista ja työpajoista saatuja tuloksia. Perusideana on kehittää nykyistä ratapihaa ”pienillä” muutoksilla liittyen raiteistoon, turvalaitteisiin ja liikennöintimaliin.

Vaihtoehdon toteutus on mahdollista nykyisen releasetinlaitteen laajennuksella, joten varsinainen Helsingin asetinlaitteuudistus voidaan siirtää myöhemmäksi ja tarvittaessa yhteen sovittaa paremmin Pesararadan toteutuksen ja aikataulujen kanssa.

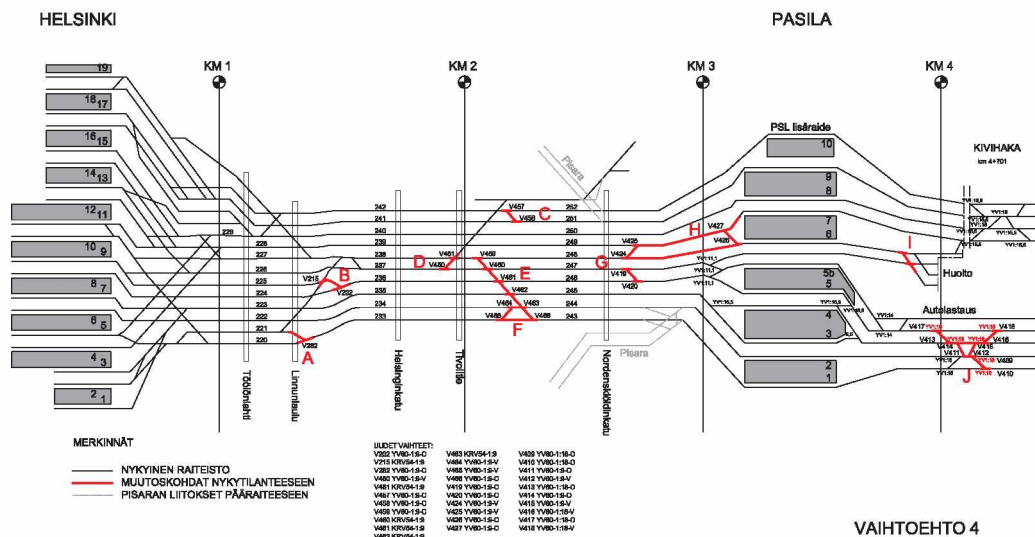
Merkittävänä etuna vaihtoehdossa on myös se, että yksittäisiä kehityskohteita voidaan toteuttaa erillisesti. Muissa tutkituissa vaihtoehdoissa tämä ei olisi ollut mahdollista.

Yhdistelmämallista VE4 on simuloinneissa tarkasteltu kolme eri vaihtoehtoista versiota. Raiteistoltaan mallit VE4, VE4+ (80 km/h) ja VE4+ (60 km/h) ovat identtiset, mutta toiminnan kannalta merkittävän eron tekee VE4+ malleissa käyttöön otettu minimissään 400 m esiopastinetyys kaupunkiliikenteen raiteilla. Tämä mahdollistaa kaksi uutta opastinporrasta Helsingin ja Pasilan välille molempiin liikennesuuntiin. Vaihtoehdosta VE4+ on tehty simulointitarkasteluja kahdella eri nopeusvaihtoehdolla (Sn 80 km/h ja Sn 60 km/h).

Kuvassa 7 on esitettyä vaihtoehdon VE4 raiteistokaavio. Kuvassa 8 on esitettyä vaihtoehdon VE4 muutokset Pasilan lisäraiteella täydennettyyn nykytilanteeseen.



Kuva 7. Vaihtoehdon VE4 raiteistokaavio.



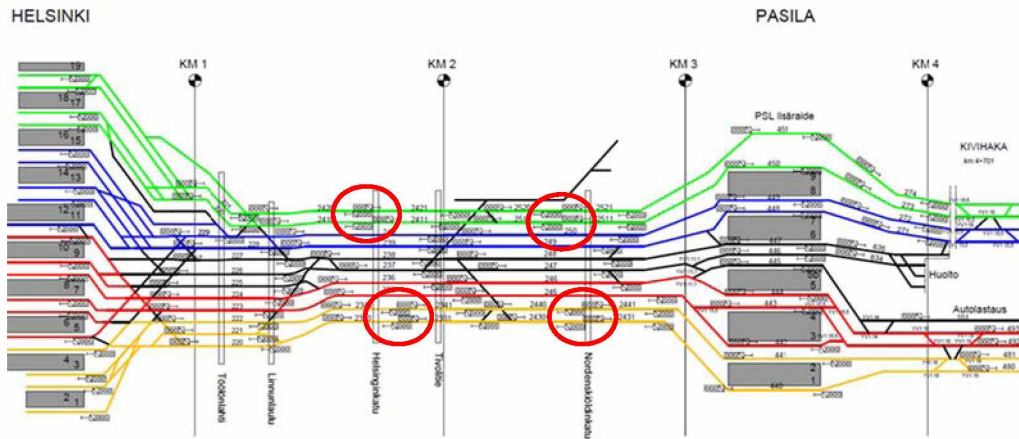
Kuva 8. Vaihtoehdon VE4 muutokset Pasilan lisäraiteella täydennettyyn nykytilanteeseen.

Vaihtoehdossa VE4 Helsingin laiturialueen pohjoispuolen vaihdejärjestelyt säilyvät ennallaan. Vaihtoehdon VE4 merkittävimpiä muutoksia nykyiseen raiteistoon ja toimintaan ovat:

1. Pasilan pohjoispuolinen raiteenvaihtopaikka (kuva 8 kohta J)
2. Uusi huoltoraideyhteys Ilmalan liityntäraiteille. Yhteys mahdollistaa huolto raiteiden käytön myös vasemmanpuoleisesti. (kuva 8 kohta I)
3. Keravan ja Espoon kaupunkiratojen uudet raiteenvaihtopaikat noin km 2+200. (kuva 8 kohdat F ja C)
4. Raiteen 225 käytön tehostaminen. Tarvittaessa voidaan jakaa saapuva pääradan kaukoliikenne raiteille 224 ja 225 (kuva 8 kohta B)
5. Raiteen 221 käytön tehostaminen. Tarvittaessa voidaan jakaa saapuva pääradan kaupunkiliikenne raiteille 220 ja 221 (kuva 8 kohta A)
6. Huoltoraiteiden paremmat hyödyntämismahdollisuudet uusien ja liikennesuunnat huomioivin vaihdeyhteyksien avulla (kuva 8 kohdat D, G ja H)
7. Uusi vaihdekuja häiriötilanteiden ja huoltoliikkeiden varalle huoltoraiteilta Keravan suunnan kaupunkiraiteille (kuva 8 kohta E)

Yllä olevassa listauksessa vaihtoehdon VE4 yksittäiset kehitysvaihtoehdot on järjestetty työn aikana tehtyjen arviointien mukaiseen tärkeysjärjestykseen.

Vaihtoehdossa VE4+ kaukoliikenneraiteiden opastinportaiden lukumäärä säilyy nykyisellään, mutta lähiliikenteen raiteille on suunniteltu kaksi uutta opastinportasta (kuva 9).



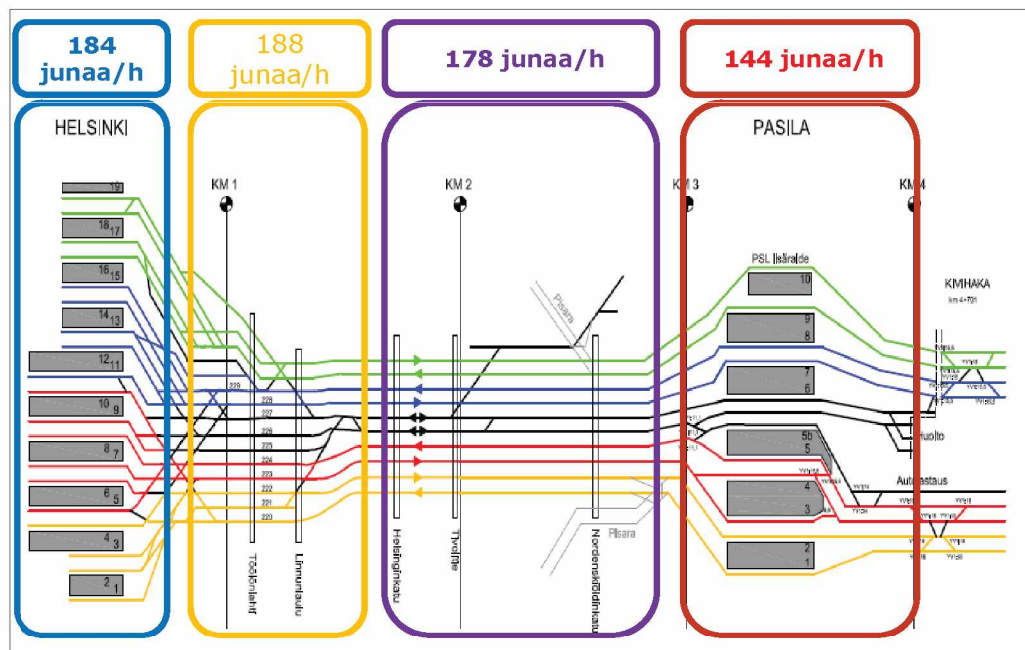
Kuva 9. Uudet opastinportaat vaihtoehdossa VE4+.

4 Simulointien tulokset

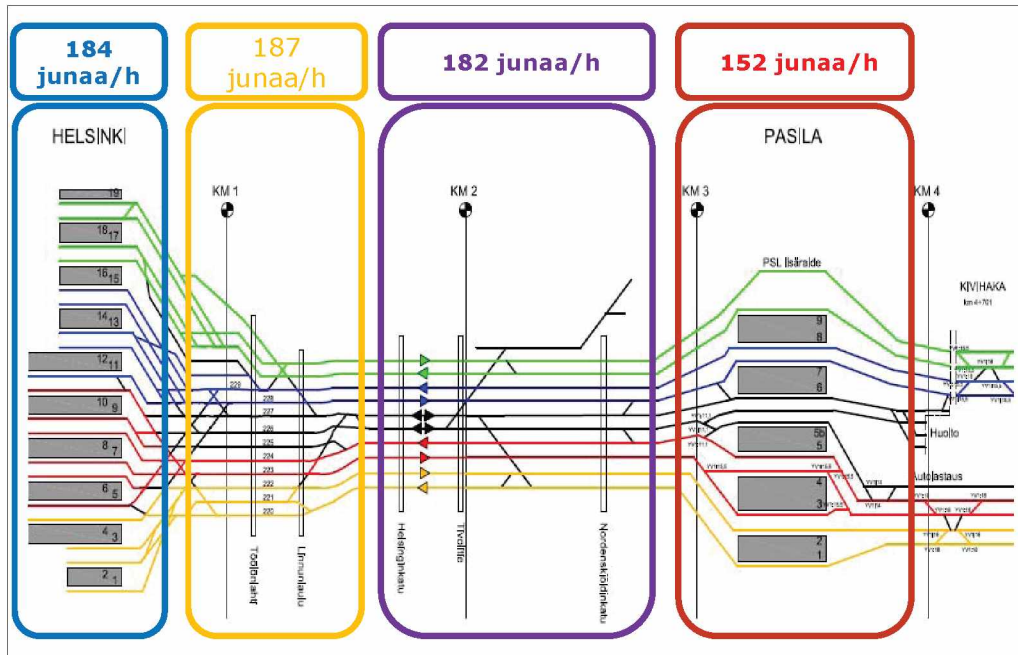
4.1 Normaalin liikennetilanteen tulokset

Normaalin liikennetilanteen simulointien perusteella kaikki vaihtoehdot vaikuttivat lupaavilta vaihtoehtoa VE1 lukuun ottamatta. Tulosten perusteella muita vaihtoehtoja ei voitu rajata pois jatkotarkasteluista. Vaihtoehdossa VE1 kapasiteetti loppui, minkä vuoksi kaikki tulokset simuloinneista ovat selvästi huonompia kuin muissa vaihtoehtoissa.

Tarkasteluvaihtoehdoille on laskettu teoreettiset maksimikapasiteetit tarkastelualueen eri osuuksille simuloinneissa saatujen varausasteiden perusteella. Varausasteet on edelleen muunnettu maksimijunamääräksi, joka voi kulkea tunnin aikana kyseisen kohdan läpi. Laskennassa kapasiteetin käyttöasteen suurimpana sallittuna arvona on käytetty 80 %:n käyttöastetta, jonka ylittyessä liikenteen kyky palautua häiriöistä on rajoittunut. Kuvissa 10 ja 11 on esitetty kapasiteetilaskennan tulokset vertailuvaihtoehdosta VEO+ ja yhdistelmävaihtoehdosta VE 4+ (60 km/h), joka sai laskennassa suurimmat välityskykyarvot. Kuvia tarkasteltaessa on tärkeää muistaa, että kapasiteetti on aina suhteellinen käsite, joka riippuu infrastruktuurista, turvalaitteista, junakalustosta ja aikataulurakenteesta. Käytännössä ratapihan kapasiteettiin ja toiminnallisuuteen vaikuttavat myös monet inhimilliset tekijät.



Kuva 10. VEO+:n laskennalliset maksimikapasiteetit tarkastelualueen eri kohdissa.



Kuva 11. VE4+ (60 km/h):n laskennalliset maksimikapasiteetit tarkastelualueen eri kohdissa.

Suurin kapasiteetti saadaan vaihtoehdossa 4+ (60km/h) alemman nopeusrajoituksen ansioista, jonka vuoksi junat pystyvät liikennöimään tehokkaammin Pasilassa. Vaihtoehdoissa VE0+, VE4 ja VE4+ (80km/h) vastaava luku on 8 junaa tunnissa vähemmän kuin vaihtoehdossa VE4+ (60 km/h). Tämä ero tuloksissa merkitsee sitä, että alennetun nopeusrajoituksen vaihtoehdolla VE4+ (60 km/h) voidaan liikennöidä vuorokausitasolla 160 junaa enemmän kuin vaihtoehdoissa VE0+, VE4 ja VE4+ (80 km/h). Myös vaihtoehtoon VE2 nähden tuloksissa on 5 junan eron, mikä tarkoittaa, että alennetun nopeusrajoituksen vaihtoehdolla VE4+(60 km/h) on 100 junaa suurempi vuorokausikapasiteetti.

Vaihtoehto VE1:n kapasiteetti ei riittänyt tarkastellulle liikennemäärälle, ja sen analysointia ei voitu jatkaa. Vaihtoehdon VE1 suurin puute oli kriittisten vaihdekujien puuttuminen Helsingin laituritaiteiden edustalta, mikä aiheutti paljon konflikteja saapuvien ja lähtevien junien välillä.

Normaalin liikennetilanteen simuloinneissa kaikki muut vaihtoehdot vaikuttivat potentiaaliselta, ja ne valittiin jatkotarkasteluun. Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto normaaliliikennetilanteen simuloitien tuloksista ja päähavainnoista.

Taulukko 2.

Yhteenveto normaalin liikennetilanteen simuloinneista.

	VE0+	VE1	VE2 /VE2+	VE3	VE4	VE4+ (80 km/h ja 60 km/h)
Ratakapasiteetti, Helsingin laituriraitteet	<p>Ei muutoksia nykytilanteeseen. Kaikissa vaihtoehdoissa Helsingin laiturikapasiteetti on identtinen. Jatkossa uudet kalustohankinnat, erityisesti ohjausvaunut, voivat tuoda lisäkapasiteettia Helsingin laituriraitteille.</p> <p>Kaupunkiraitteiden laitureiden varausasteet ovat todella suuria kaikissa vaihtoehdoissa, kun sekä HKI-LPV että HKI-KE -kaupunkiradoilla on varattu yksi laituriraiide varakalustolle. Tämän vuoksi käyttöasteet raitteilla 1,3 ja 4 sekä 17–19 nousevat kaikissa vaihtoehdoissa yli suositeltavien arvojen. Simuloinnissa varakalustolle varattujen raitteiden (2 ja 16) käyttöä tulee tehostaa. Tulosten perusteella raitteet tulisi ottaa linjaliikenteen käyttöön ainakin ruuhka-aikoina, jolloin varakalustolle tulee määrittää vaihtoehtoinen säilytyspaikka.</p>					
Ratakapasiteetti, kriittiset vaihdekujat	Vaihdekujissa on yhtä paljon ratakapasiteettia kuin laituriraitteilla. Vaihdekujien kapasiteetti riittää normaalille liikennetilanteelle.	Kapasiteetti vähenee nykytilanteesta, eikä se riitä tarkastelussa käytetylle liikennemäärälle.	Vaihdekujissa on yhtä paljon ratakapasiteettia kuin laituriraitteilla. Vaihdekujien kapasiteetti riittää normaalille liikennetilanteelle.			
Ratakapasiteetti, linjaisuus	Ei muutoksia nykytilanteeseen.		Ei muutoksia nykytilanteeseen.	Kapasiteetti kasvaa nykytilanteesta merkittävästi.	Ei muutoksia nykytilanteeseen.	Kapasiteetti kasvaa nykytilanteesta merkittävästi.
Ratakapasiteetti, Pasilan laituriraitteet	Pasilan lisäraide ja uudet järjestelyt kasvattavat Pasilan kapasiteettia. Pasila kuitenkin tarjoaa kaikissa vaihtoehdoissa vähiten välityskykyä, ja määrittää koko Helsinki-Pasila-välin maksimikapasiteetin.					
Junien ajoajat (HKI-PSL)	Ajoajat vastaavat nykytilannetta.					Alemmalla nopeusrajoituksella (Sn 60 km/h) junien ajoajat kasvavat noin 18 sekuntia. Junien ajoajoissa on kuitenkin jo tälläkin hetkellä 30–60 sekuntia ajoajan pelivaraa, jota vähentämällä junien aikatauluja ei ole välttämätöntä muuttaa ajoajan kasvaessa.
Vaihtoehtoiset reitit ja mahdollisuudet konfliktien ratkaisuun	Ei merkittäviä muutoksia nykytilanteeseen.	Linnunlauluun lisää vaihdekujia, joiden hyödyt jäävät toteutumatta kapasiteettiongelmien takia.	Konfliktinsiirtopiste ja konfliktiraiide tuovat uusia mahdollisuuksia.	Siltakansi ja huoltoraiteiden hyödyntäminen tuovat uusia ratkaisumahdollisuuksia.	Huoltoraiteiden hyödyntäminen ja uudet reitit laiturialueen läheisyydessä tuovat uusia ratkaisumahdollisuuksia.	
Mahdollisuudet vaihtotyöhön	Vaihtotöihin paljon vaihtoehtoisia reittejä.	Vaihtotöiden suorittaminen hankaloituu, kun niiden kannalta keskeiset vaihdekujat sijaitsevat kauempana Helsingistä.	Konfliktiraitteet vähentävät säilytysmahdollisuuksia hieman.	Vähäiset. Ongelmana on reittien rajallisuus.	Vaihtotöihin paljon vaihtoehtoisia reittejä. Määrä kasvaa nykyisestä tilanteesta.	
Kaluston säilytys	Ei merkittäviä muutoksia nykytilanteeseen.	Ei merkittäviä muutoksia nykytilanteeseen.	Konfliktiraitteet vähentävät säilytysmahdollisuuksia.	Kaluston säilytys hankaloituu merkittävästi.	Ei merkittäviä muutoksia nykytilanteeseen.	

4.2 Häiriötilanteiden simuloinnit

Häiriötilanteiden simuloinnit tehtiin asiantuntijahaastatteluiden ja alustavan riskiarvioinnin perusteella seuraaville tapauksille:

- **Tapaus 1 (alkuviive)** - Helsinkiin saapuvat Pendolinot ja IC-junat ovat mallinnuksen alkaessa myöhässä JUSE-järjestelmästä saadun jakauman mukaisesti.
- **Tapaus 2 (alkuviive)** - Ilmalasta saapuvat vaihtotyöliikkeet ovat mallinnuksen alkaessa myöhässä JUSE-järjestelmästä saadun jakauman mukaisesti.
- **Tapaus 3 (alkuviive)** - Kaikki mallissa olevat junat ovat mallinnuksen alkaessa myöhässä JUSE-järjestelmästä saadun jakauman mukaisesti.
- **Tapaus 4 (infran häiriö)** - Saapuvat rantaradan kaukojunat (ICt ja Pendolinot) käyttävät kaupunkiliikenteen raiteita.
- **Tapaus 5 (infran häiriö)** - Lähtevä pääradan lähiliikenne (I-, K-, ja N-junat) käyttävät kaukoliikenteen raiteita välillä Helsinki-Pasila.
- **Tapaus 6 (infran häiriö)** - Radan nopeusrajoitus lasketaan 35 km/h kaikilla linjaraiteilla.

Häiriötilanteiden simulointitulosten perusteella vaihtoehto VE4+ oli selvästi häiriösiertoisin niistä vaihtoehtoista, joissa nopeusrajoitus oli Helsingin ja Pasilan välillä 80 km/h. Lähes kaikissa häiriötilanteiden simulointiajoissa VE4+ (80 km/h) sai pienimmät arvot niin myöhästyneiden junien lukumäärässä kuin kokonaisviivesummasa. Normaalin liikennetilanteen simuloinneissa hyvin pärjännyt vaihtoehto VE3 oli häiriötarkasteluissa heikoin vaihtoehto. Vaihtoehdon ongelmaksi muodostuivat vaihtoehtoisten reittien rajallisuus, minkä vuoksi viivästyneet junat jäivät simuloinnin aikana jälkeen entisestään kasvattaen kokonaisviivesummat simuloinneissa lähes poikkeuksetta vertailun suurimmiksi. Vaihtoehdot VE0+ ja VE2+ pärjäsivät vertailussa vaihtoehdon VE4+ (80 km/h) jälkeen toisiksi parhaiten.

Taulukossa 3 on esitetty eri vaihtoehtojen paremmuusjärjestys häiriötilanteiden simuloinneissa. Paremmuusjärjestyksessä on ensisijaisesti huomioitu viivesummat simulointiajojen lopussa ja toissijaisesti viivästyneiden junien lukumäärä simuloinnin aikana.

Taulukko 3. Eri vaihtoehtojen paremmuusjärjestys häiriösimulointitapauksissa viivästyneiden junien lukumäärän ja viivesummavertailun perusteella

Häiriötapaus	VE0+ Vertailuvaihtoehto	VE2 Vaihtoehtoinen konfliktipiste	VE2+ Vaihtoehtoinen konfliktipiste muokatulla aikataululla	VE3+ Siltamalli	VE4 Yhdistelmämalli	VE4+ (80km/h) Yhdistelmämalli
1 - Saapuvat kaukojunat myöhässä	3	4	2	6	5	1
2 - Ilmalan vedot myöhässä	4	3	2	6	5	1
3 - Kaikki junat myöhässä	3	4	5	1	6	2
4 - Rantaradan kaukoliikenne lähiliikenteen raiteille	3	4	2	6	5	1
5 - Pääradan lähiliikenne kaukoliikenteen raiteille	1*	4	3	6	5	1*
6 - Nopeusrajoitus 35 km/h	1	4	6	5	3	2

*)Ensimmäinen sija on jaettu tapauksessa 5, koska VE4+:n viivesumma on vain 0,5 minuuttia suurempi kuin VE0+:n, ja samalla myöhästyneiden junien lukumäärä on selvästi pienempi VE4+:ssa kuin VE0+:ssa.

Vaihtoehto VE4+ alennetulla nopeusrajoituksella (60 km/h) häviää ajoaikavertailuisa muille vaihtoehdoille keskimäärin 18 sekuntia junaa kohden. Tämän vuoksi myös samalla aikataulunrakenteella tehdyt simuloinnit antavat selvästi huonompia tuloksia. Häiriösimulointien tulokset paranisivat merkittävästi, jos junien ajoaikoja olisi mahdollista kasvattaa suunnitellusti 0,5 minuutilla ja edelleen aikataulurakennetta muokata tukemaan pidentyneitä ajoaikoja. Ajoaikojen muuttamisen sijaan vaihtoehtoisesti voidaan myös vähentää junien ajoaikojen pelivaroja Helsinki–Pasila-väillä. Nykyisin junilla on noin 30–60 s ylimääräistä pelivaraa aikatauluissa. Pelivaran vähentäminen lisää liikenteen häiriöherkkyyttä, mutta mahdollistaa toisaalta alemman nopeusrajoituksen käyttöönoton ilman muutosta aikataulurakenteeseen. Vaihtoehdon VE4+ alennetulla nopeusrajoituksella suurin hyöty on kuitenkin muita tarkastelu- vaihtoehtoja selvästi suurempi välityskyky Pasilassa. Erot muihin vaihtoehtoihin ovat 5-8 junaa tunnissa, mikä tarkoittaa vuorokausitasolla 100–160 junaa suurempaa kapasiteettia. Koska Pasila määrittää koko tarkastelualueen kapasiteetin, tulosta voidaan pitää vaihtoehdon VE4+ (60 km/h) kannalta erittäin suurena etuna.

Häiriösimulointien aikana on kokeiltu myös kulkuteiden yhdenmukaistamisen ja häiriötilanteissa hyödynnettävien vaihdekujien lukumäärän vähentämisen vaikutuksia tuloksiin. Kun reittejä yhdenmukaistettiin, ja vaihdekujia vähennettiin häiriösimulointien viivesumat kasvavat kaikkien vaihtoehtojen osalta toistakymmentä minuuttia kaikissa tarkastelluissa häiriötilanteessa. Simuloinnin perusteella havaittiin, että Hel-

singin laitureita lähinnä olevien nykyisten vaihekujien tasainen hyödyntäminen on ratkaisu häiriösietoiseen liikenteeseen.

4.3 Kolmen minuutin vuorovälin erityistarkastelu

Normaalin liikennetilanteen simulointien jälkeen päätettiin vielä tutkia, voidaanko eri infravaihtoehdoissa liikennöidä sujuvasti 3 minuutin vuorovälillä. Tätä simulointia varten lähiliikennejunille laadittiin uusi raiteistonkäytön suunnitelma ja aikataulurakenne, jossa kullekin lähijunalinjalle A, M, I ja K asetettiin vuoroväliksi 6 minuuttia. Tällöin sekä pääradan että rantaradan kaupunkiraiteilla liikennöidään 3 minuutin välein. Kolmen minuutin vuorovälin erityistarkastelu tehtiin vaihtoehdoille VEO+, VE4+ (60 km/h), VE4+ (80 km/h) ja Pisara. Simuloinnit tehtiin ensin ilman pakotettuja alkuviihteitä. Tämän jälkeen kaikille vaihtoehdoille tehtiin vielä häiriötarkastelut syöttämällä manuaalisesti alkuviihteitä junille. Taulukossa 4 on esitetty erityistarkastelun simulointitulokset ilman alkuviihteitä.

Taulukko 4. Kolmen minuutin vuorovälin erityistarkastelun tulokset ilman alkuviihteitä.

KATEGORIA	VEO+	VE4+ (60 km/h)	VE4+ (80 km/h)	PISARA
Myöhässä olevat lähiliikennejunat simuloinnin alussa (juna)	12	0	0	0
Myöhässä olevat lähiliikennejunat simuloinnin lopussa (juna)	41	16	15	61
Muutos: myöhästyneiden lähiliikennejunien lukumäärä (juna)	29	16	15	61
Viivesumma lähiliikennejunat alussa (min)	2,30	0,00	0,00	0,00
Viive/myöhästynyt juna alussa (min/myöhästynyt lähiliikennejuna)	0,19	0,00	0,00	0,00
Viivesumma lopussa, lähiliikennejunat (min)	10,72	6,23	5,75	34,57
Viive/myöhästynyt juna lopussa (min/myöhästynyt lähiliikennejuna)	0,26	0,39	0,38	0,57
Muutos: Viive/myöhästynyt lähiliikennejuna, junat (min/ myöhästynyt lähiliikennejuna)	0,07	0,39	0,38	0,57
Muutos viivesummassa, lähiliikennejunat (min)	8,42	6,23	5,75	34,57

Taulukosta 4 havaitaan, että kolmen minuutin vuorovälillä vaihtoehdot VE4+ (60 km/h) ja VE4+ (80 km/h) toimivat hyvin ja viiveitä syntyy kolmen tunnin simuloinnin aikana ainoastaan 15–16 junalle, ja niidenkin keskimääräiset viiveet ovat alle 25 sekuntia / myöhästynyt juna. Vaihtoehdossa VEO+ myöhästyy kaksinkertainen määrä junia, mutta siinäkin junakohtainen viive jää alhaiseksi. Pisara-vaihtoehdossa syntyneet viiveet eivät pääse purkautumaan maanalaisella lenkillä. Junakohtaiset viiveet jäävät kuitenkin alle 35 sekunnin suuruisiksi.

Perustilanteen simuloinnin jälkeen tehtyjen häiriösimulointien tulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Kolmen minuutin vuorovälin erityistarkastelun tulokset, kun malliin on lisätty satunnaisesti alkuviiveitä.

KATEGORIA	VE o+	VE4+ 60 km/h	VE4+ 80 km/h	PISARA
Myöhässä olevat junat lopussa	299	312	281,00	140
Viivesumma lopussa, (min)	1898	1983	1875	453
Viive/myöhästynyt juna lopussa, (min/juna)	6,36	6,35	6,67	3,25

Taulukosta 5 nähdään, että kolmen minuutin vuorovälillä liikennöidessä merkittävässä häiriötilanteessa vaihtoehdoissa VE0+, VE4+(60 km/h) ja VE4+(80 km/h) kapasiteetti loppuu ja viiveet kasvavat todella suuriksi, ja lähes jokainen simuloinnin aikana liikennöinyt juna myöhästyy. Tiheällä vuorovälillä liikennöidessä Pisara-vaihtoehto on selvästi häiriösietoisin. Tämä selittyy kaluston kääntöjen puuttumisella Helsingin ratapihalla. Kääntöajat ovat 3 minuutilla liikennöintimallilla todella tiukat, mikä aiheuttaa muissa vaihtoehdoissa helposti viiveiden kertaantumista, kun Helsinkiin saapuu junia myöhässä.

Kaikissa vaihtoehdoissa laituriraiteiden kapasiteetit nousevat kaikilla liikennepaikoilla (Helsinki ja Pasila sekä Pisara-radalla Töölö, Hakaniemi ja Keskusta) todella korkeiksi ja yli suositeltavien maksimiarvojen. Tulosten perusteella 3 minuutin vuoroväli on kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa mahdollinen, muttei suositeltava kuin lyhyillä ajanjaksoilla käytettäväksi.

4.4 Erityistarkastelut nopeusrajoitusten vaikutuksista

Häiriötilanteiden simuloinneissa pärjäsi parhaiten vaihtoehto VE4+ (80 km/h), jossa suurimpana sallittuna nopeutena linjaosuuksilla oli 80 km/h, kuten kaikissa muissakin vertailuvaihtoehdoissa. Vaihtoehdossa käytetty tiheämpi opastinväli saattaa kuitenkin edellyttää nopeusrajoituksen laskemista 60 km:iin/h. Kapasiteetilaskennoissa nopeusrajoituksen lasku lisäsi välityskykyä, mutta erityistarkastelulla haluttiin vielä arvioida, kuinka paljon junien ajoajat kasvavat, jos nopeusrajoitusta alennetaan.

Simulointitulosten perusteella junat kulkevat Helsinki–Pasila-välin keskimäärin 18 sekuntia hitaammin alemman nopeusrajoituksen vaikutuksesta. Tämä heijastuu suoraan myös vaihtoehdon VE4+ (60 km/h) häiriösimulointien tuloksiin. Esimerkiksi häiriötapaus 3:ssa se saa noin 50 minuuttia suuremman kokonaisviivesumman simuloinnin aikana kuin VE 4+(80 km/h).

Vaikka alennetun nopeusrajoituksen simulointiajon tulokset ovat selvästi huonommat kuin alkuperäisen, on ero kuitenkin yllättävän vähäinen. Simulointiaikana mallissa liikennöi noin 350 junaa, joista jokainen saa alemmalla nopeusrajoituksella 18 sekuntia lisäaikaa. Näin ollen alennetun nopeusrajoituksen mallissa on jo lähtökohtaisesti yli 100 minuuttia enemmän ”viivettä” kuin muissa malleissa. Jos junien aikatauluja muutettaisiin siten, että alemmalla nopeusrajoituksella aikatauluihin lisätään n. 30 sekuntia ajoaikaa, tulokset paranisivat merkittävästi. Nykyiset lähijunat on aikataulutettu Helsingin ja Pasilan välillä siten, että Pasilasta junat lähtevät pohjoiseen tai län-

teen 5 minuuttia Helsingin lähdön jälkeen. Kun junien ajoaika on Helsingin ja Pasilan välillä vähän yli 4 minuuttia ja pysähdys noin 30 – 40 sekuntia, on junilla pelivaraa nykyisin Helsingin ja Pasilan välillä 20–30 sekuntia. Toisin sanoen pelivaraa vähentämällä, junien aikataulua ei olisi välttämätöntä muuttaa, vaikka ajoaika kasvaisi 18 sekuntia alennetun nopeusrajoituksen takia.

5 Vaihtoehtojen arviointi

5.1 Kustannukset

Kustannusarviot on laadittu kaikille kehitysvaihtoehtoille ja niiden laatimisen lähtökohdaksi on ollut, että kaikki raiteet, vaihteet ja sähkörata kunnostetaan huolimatta siitä, kohdistuuko niihin varsinaisia raidemuutoksia. Sekä kunnostettaville että uusittaville osuuksille on muodostettu omat nauhakustannukset. Turvalaitteiden uusiminen on oletettu kuuluvaksi jokaiseen vaihtoehtoon.

Taulukossa 6 on esitettyä yhteenveto vaihtoehtojen kustannusarvioista.

Taulukko 6. Kustannusarvio (MAKU 136, 2005 = 100)

Nimike	VE0+ M€	VE1 M€	VE2 M€	VE3 M€	VE4+ M€
Valmistelevat työt	0,5	4,1	5,9	9,7	2,9
Vanhan päällysrakenteen kunnostus	5,9	3,9	5,1	3,0	5,7
Uusi päällysrakenne	3,5	27,4	16,7	36,9	9,3
Työnaikaiset järjestelyt	-	4,3	4,3	5,9	2,8
Laiturityöt	-	0,7	-	0,1	-
Katujärjestelyt, silta ja taitorakenteet	-	-	-	150,6	-
Sähköratamuutokset	14,8	15,1	15,6	18,5	15,2
Turvalaitemuutokset	60,0	63,0	63,0	63,0	63,0
Suunnittelu- ja rakennuttaminen	12,7	17,8	16,6	43,2	14,8
Yhteensä	97	136	127	331	114

Vaihtoehdosta VE4+ on tehty lisäksi tarkempi laskenta sähkö- ja turvalaitteiden osalta siten, että laskennassa on huomioitu ainoastaan pakolliset sähköratamuutokset sekä turvalaitemuutos ilman asetinlaitteen uudistamista (ns. ensimmäisen vaiheen muutos ennen asetinlaitteen uudistamista). Kustannusarvio ensimmäisen vaiheen sähköratamuutoksille on 7,8 miljoonaa euroa ja turvalaitemuutokselle ilman asetinlaitteen uudistamista 15,5 miljoonaa euroa. . Vaihtoehdon VE4+ ensimmäisen vaiheen kustannusarvio on 56 miljoonaa euroa ja toisen vaiheen eli myöhemmin toteutettavan asetinlaitteen kokonaisuudistuksen kustannusarvio on 83 miljoonaa euroa (MAKU 136, 2005=150).

Useammassa vaiheessa rakentamista voitaisiin käytännössä soveltaa vaihtoehdon VE4+ lisäksi vaihtoehtoon VE0+. Vaiheittain rakentamisessa on kuitenkin huomioitava järjestelmien päivittämisen ja uusimisen päällekkäiset kustannukset. Kokonaisuutena tarkasteltaessa vaihtoehdon VE4+ useammassa vaiheessa rakentamisen kustannukset turvalaite- ja asetinlaiteuudistuksesta on muita vaihtoehtoja korkeammat (arviolta 10–15 M€). Tämä johtuu ensisijaisesti siitä, että ensimmäisessä vaiheessa tehtyjä turvalaitemuutoksia ei pystytä kaikilta osin (mm. vanhan asetinlaitteen laajentamisen vuoksi käytettävä vanha opastinjärjestelmä) hyödyntämään asetinlaitteen uusimisessa.

5.2 Vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehtojen vertailussa on keskitytty hankkeen tarpeellisuuden ja ajoituksen alustavaan arviointiin. Merkittäviä seikkoja vaihtoehtojen vertailun suhteen ovat kaikkien ratkaisuvaihtoehtojen tunnistaminen sekä niiden realistinen vertailu.

Vaihtoehtoja vertailtiin ja vaikutuksia arvioitiin seuraavien osa-alueiden avulla:

- liikenteellinen saavutettavuus ja ratakapasiteetti,
- häiriösietoisuus,
- vaikutukset ihmisiin ja ympäristöön,
- vaikutukset julkiseen talouteen,
- rakentamisen aikaiset vaikutukset ja
- muut vaikutukset (mm. raiteistomuutosten ja turvalaitemuutosten välilliset vaikutukset kapasiteettiin ja häiriösietoisuuteen)

Tarkasteluiden perusteella Pasilan liikennepaikka määrittää tarkastelualueella maksimikapasiteetin varsinkin lähiliikenteelle. Pasilan kohdalla kapasiteetin suhteen paras vaihtoehto on VE4+ (60 km/h) ja toiseksi paras vaihtoehto VE4+ (80 km/h). Merkittävät erot tulevat juuri lähiliikenteen kapasiteetista, jonka puute on todennäköisempi ongelma kuin kaukoliikenteen kapasiteetti, jota on runsaasti tarjolla kaikissa vaihtoehtoissa.

Eri vaihtoehdot kykenevät toipumaan liikennehäiriöistä eri tavoin. Eroja on arvioitu matkustajien aikakustannuksina, mutta vaihtoehtojen erot ovat varsin vähäisiä suhteessa häiriötilanteiden kokonaisvaikutuksiin. Parhaaksi arvioitiin VE4+ (80 km/h) ja heikoimmaksi VE4+ (60 km/h), jossa alennettu nopeusrajoitus heikentää mahdollisuuksia ajaa aikatauluja kiinni ongelman jälkeen. Laatomalla vaihtoehtokohtaisesti muokatut tarkat aikataulut ja liikennemallit voisivat yksittäisen vaihtoehdon tulokset parantua huomattavasti. Esimerkiksi jos aikataulut suunniteltaisiin tukemaan alemmaa nopeusrajoitusta, olisivat vaihtoehdon VE4+ (60 km/h) häiriösietoisuuden tulokset paremmat. Yleisesti ottaen kaikki vertailuvaihtoehdot saavat jonkin verran haittaa siitä, että vertailuaikataulu ja raiteistonkäyttö pohjautuvat hyvin pitkälti nykyisiin aikataulu- ja raiteistonkäyttösuunnitelmiin, jotka ovat optimoitu nykyiselle infrastruktuurille.

Toteutettavuutta arvioitaessa parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui VE4+, joka pystytään toteuttamaan osissa. Selkeästi heikoin on vaihtoehto VE3, joka vaatisi isoja uusia siltarakenteita. Sähköradan suhteen vaihtoehtoissa ei ole merkittäviä eroja. Esiin nousee ainoastaan vaihtoehto VE3 ja siinä olevien siltarakenteiden mahdolliset haasteet sähköradan toteuttamisessa.

Vaihtoehdon VE2 kohdalla avoimeksi kysymykseksi nousi liikenteenohjaajien ja toisaalta tulevaisuuden asetinlaitteiden tai kauko-ohjausjärjestelmien kyky hyödyntää kaikkia konfliktipisteen siirron mahdollisuuksia. Jopa simuloinneissa oli vaikeuksia saada kaikkia oletettuja hyötyjä todennetuksi. Vaihtoehdon VE3 kohdalla erityisenä huomiona ovat siltojen ja ramppien vaikutus kaupunkikuvaan. Vaihtoehdot VE2 ja VE3 eivät sovellu toteutettavaksi Pissarakadan kanssa.

Vaihtoehdon VE4+ merkittävänä mahdollisuutena on yhteensovitus Pissararadan suunnittelun ja toteuttamisen kanssa (ns. välivaihe ennen Pissararataa ja ratapihan lopullinen toiminnallisuus Pissaran toteuttamisen jälkeen uusien liikenteen vaatimusten mukaisesti).

Toteutettavuuden arviointia suoritettiin riskienarvioinnin muodossa myös työn aikana toteutetussa riskienhallintatyössä. Riskienarviointityössä huomioitiin myös tiedotetut haasteet suunnittelun ohjeiden ja lupakäytäntöjen kanssa sekä rajapinnat muihin tiedossa oleviin ja HELRA-hankkeeseen vaikuttaviin investointeihin.

5.3 Vertailun yhteenveto

Simulointien ja vaihtoehtojen vertailun perusteella vaihtoehdot VE4+ (60 km/h) ja VE4+ (80 km/h) ovat erityisesti lähiliikenteen kapasiteetin kannalta parhaat vaihtoehdot. Näistä VE4+ (60 km/h) tarjoaa hieman suuremman kokonaiskapasiteetin ja selvästi muita vaihtoehtoja paremman mahdollisuuden lisätä lähiliikenteen junatarjontaa tulevaisuudessa. Vaihtoehtojen VE4+ (60 km/h) ja VE4+ (80 km/h) suurin etu onkin se, että lisäkapasiteettia on tarjolla nimenomaan lähiliikenteelle. Kaukoliikenteelle kaikissa vaihtoehdoissa on tarjolla oletettavissa olevan kasvun verran lisäkapasiteettia.

Simuloitujen häiriötapausten perusteella VE4+ (80 km/h) on paras vaihtoehto häiriösietoisuuden kannalta. Tässä vaihtoehdossa junaliikenne palautuu selvästi muita nopeammin erilaisista häiriötilanteista. VE4+ (60 km/h) on tässä vertailussa huonoin, mutta se kärsii alemman nopeusrajoituksen tuomasta viiveestä, jonka vuoksi siinä on heikommat mahdollisuudet ajaa aikatauluja kiinni nykyisessä aikataulurakenteessa.

Suurimman kapasiteetin ja häiriösietoisuuden sekä alhaisten investointien ja vähäisten rakentamisaikaisten liikennehaittojen takia tulokset puoltavat vaihtoehtojen VE4+ (60 km/h) ja VE4+ (80 km/h) valitsemista jatkosuunnitteluun. Samalla myös lähiliikenteen aikataulut voidaan tarkistaa hyödyntämään tarjolle tuleva kapasiteetti mahdollisimman hyvin.

6 Johtopäätökset ja jatko

6.1 Jatkosuunnitteluun suositeltava vaihtoehto

Vaihtoehto VE4+ on simulointien ja muun tehdyn arviointityön perusteella nyt tarkastelluista vaihtoehdoista paras. Vaihtoehdossa VE4+ (60 km/h) on suurin teoreettinen maksimikapasiteetti Pasilassa, joka on kriittinen piste lähiliikenteen kapasiteetin kannalta. Vaihtoehto VE4+ (80 km/h) on taas saanut parhaat tulokset häiriötilanteiden simuloinneissa.

Vaihtoehto VE4+ vastaa tutkituista vaihtoehdoista parhaiten työn päätavoitteisiin:

- Kapasiteetin nostaminen
- Häiriöherkkyyden parantaminen
- Toiminnallisuuden kehittäminen

Raiteistoltaan vaihtoehto VE4+ pohjautuu pitkälti nykyiseen raiteistoon ja siinä olevat yksittäiset kehityskohteet voidaan toteuttaa erillisinä investointeina.

Vaihtoehdon toteuttaminen ei aiheuta merkittäviä työnaikaisia liikennehaittoja

Turvallisuuden kannalta muutokset voidaan toteuttaa nykyisen asetinlaitteen laajenuksena ja uuden asetinlaitteen hankinta on mahdollista yhteensovittaa paremmin muiden alueella toteutettavien investointien kanssa.

6.2 Liikenne ja kapasiteetti

Simulointitulosten ja niistä johdettujen laskennallisten maksimikapasiteettiarvojen perusteella Pasilan aseman kohdalla on lähiliikenteen osalta vähiten välityskykyä tarkastelualueella. Merkittäväksi huomion tekee se, että Pesararadan YS mukainen investointi tai tämän työn tulosten mukaiset investoinnit eivät merkittävästi lisää Pasilan välityskykyä. Pasilan kapasiteetin kannalta tarkastelluista vaihtoehdoista VE4+ (60km/h) on paras.

Maksiminopeuden tiputtaminen 60 km/h vaikuttaa junien ajoaikoihin noin 18 sekuntia. Junien ajoajoissa on kuitenkin jo tälläkin hetkellä 30 - 60 sekuntia ajoajan pelivaraa, jota vähentämällä junien aikatauluja ei ole välttämätöntä muuttaa ajoajan kasvaessa.

Helsingin laituriraiteiden (003 ja 016) varaaminen vain varakaluston käyttöön ei vaikuta kapasiteettitarkastelujen perustella suositeltavalta ratkaisulta. Laituriraiteiden käyttöasteet nousivat simulointitarkasteluissa hyvin korkeiksi. Tulosten perusteella suositus onkin käyttää raiteita 1–4 ja 16–19 tasaisesti liikenteelle ja järjestää varakaluston säilytys muualle kuin laituriraiteille.

Vaihtoehto VE4+ mahdollistaa lähiliikenteelle 3 minuutin laskennallisen minimi-junavälin tarkastelualueella. Helsingin ja Pasilan välillä minimijunaväli voisi uusien opastinportaiden johdosta olla jopa matalampi, mutta Pasilan pohjoispuolen pidemmät opastinetaisyydet ja Pasilassa pysähtyminen kasvattavat tarvittavaa minimi-junaväliä. Tarkempien simulointien perusteella 3 minuutin vuoroväli aiheuttaa kui-

tenkin sen, että sekä Helsingin että Pasilan lähiliikenneaiteet joutuvat todella kovalle käytölle ja aikataulurakenteesta tulee häiriöherkkä. Tulosten perusteella 3 minuutin vuoroväli on kaikissa tarkastelluissa vaihtoehdoissa mahdollinen, muttei suositeltava kuin lyhyillä ajanjaksoilla käytettäväksi.

Ratapihan toiminnallisuuteen ja häiriöherkkyyteen vaikuttavat merkittävästi myös seuraavat ja ainakin osittain tämän työn ulkopuoliset seikat:

- Kunnossapidon resurssit (ja ennakoivat toimenpiteet).
- Vika- ja häiriötilanteiden uudet ilmoitusmenetelmät ja kattavampi tilanteiden analysointi.
- Liikenteenohjauksen kyky ja mahdollisuudet hyödyntää kaikkia ratapihan ominaisuuksia/vaihtoehtoja.
- Operaattorin/operaattorien toiminnan suunnittelu (miehitys, vararungot, toimintatavat jne).

6.3 Jatkosuunnittelussa huomioitavat seikat

Listaus merkittävistä seuraavassa suunnitteluvaiheessa huomioitavista seikoista:

- RATO muutostarpeiden / poikkeuspien tarkentaminen. Helsingin alueen liikennepaikan suunnittelu vaatii omat erityiset ohjeensa.
- Nopeusrajoituksen (60–80 km/h) tarpeellisuuden tarkempi arviointi.
- Pasilan kehitykseen panostaminen. Miten Pasilan välityskykyä voidaan jatkossa kehittää ja saada lisää laituriraiteita Pasilasta lähiliikenteen käyttöön
- Lyhyemmän opastinetäisyyden hyödyntäminen kaupunkiraiteilla myös Pasilan pohjoispuolella.
- Yhteistyö Pesararadan suunnitteluprojektin (ja muiden Helsingin liikennepaikan alueella tai läheisyydessä olevien hankkeiden) kanssa ja tehtyjen suunnitelmien yhteensovitus.
- Yleisen liikennemallin laatiminen Helsingin alueen kaukoliikenteelle ja kaupunkiliikenteelle. Kartoitettava tarkkaan liikennemallin tuomat vaatimukset ratapihan toiminnallisuudelle (mm. kaluston säilytysraiteet ja uudet yhteydet Ilmalaan).
- Helsingin lähiliikenteen laituriraiteiden tehokkaamman käytön suunnittelu.
- OJ2010 projektin tulosten seuranta ja esim. uusien laituriopastinten hyödyntämismahdollisuuden selvittäminen.
- Tulevaisuuden kauko-ohjausjärjestelmien älyn hyödyntämismahdollisuudet liikenteenohjauksessa.
- Hankearvioinnin tarkempien kannattavuuslaskelmien toteuttaminen.

