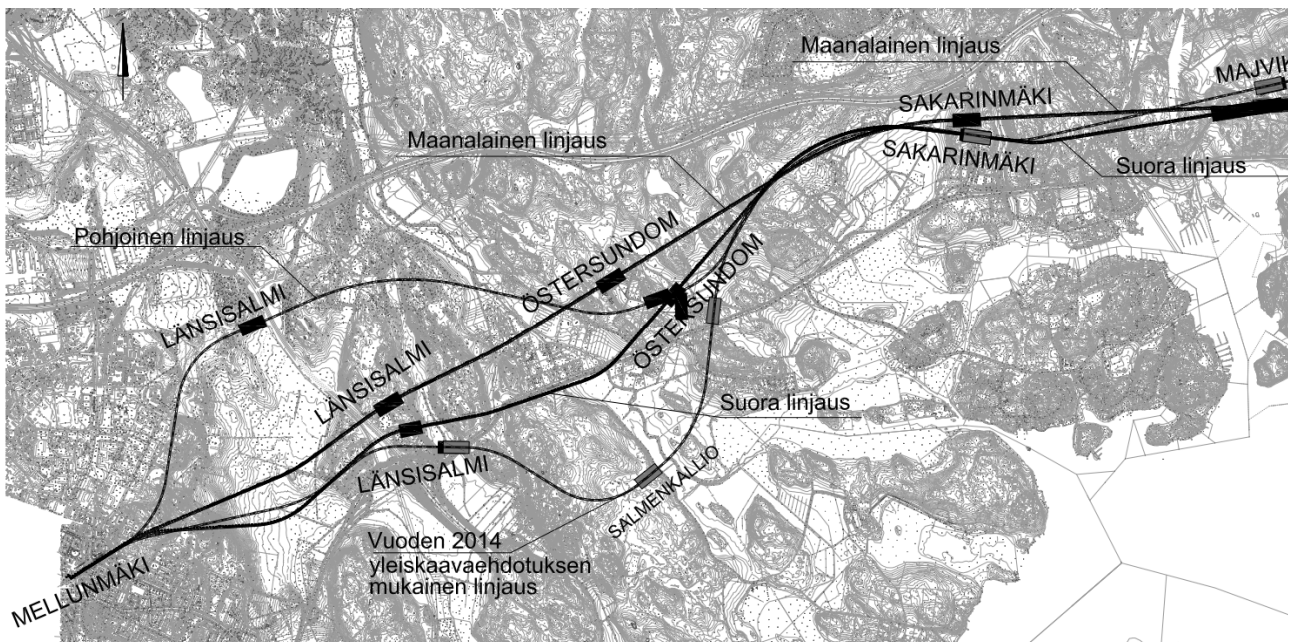


Östersundomin metron rakennettavuus- ja kustannustarkastelu

Uudet linjaukset (suora ja maanalainen)



31.5.2017

KAU42698

SISÄLTÖ

1	ESIPUHE	2
2	YLEISTÄ.....	2
3	METROLINJAN TEKNISET RATKAISUT	4
3.1	Poikkileikkaukset ja rakenteet	4
3.1.1	Kalliotunneli	4
3.1.2	Betonitunneli.....	4
3.1.3	Sillat	5
3.1.4	Avorataosuus	5
3.1.5	Asemat	5
4	METROLINJOJEN MAA- JA KALLIOPERÄOLOSUHTEIDEN KUVAUS	6
4.1	Suora linjaus, kevät 2017.....	6
4.2	Maanalainen linjaus, kevät 2017.....	8
5	KUSTANNUSARVIOT	9
5.1	Kustannusperusteista	9
5.2	Linjauksen kustannukset.....	11
5.2.1	Suora linjaus	11
5.2.2	Maanalainen linjaus	12
5.3	Vertailua vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen kustannuksiin	12
6	METRON LIIKENNÖINTI- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET.....	14
6.1	Vertailun lähtökohdat	14
6.2	Linjausvaihtoehtojen liikennöintikustannusten vertailu keskiarvokustannuksilla arvioituna	15
6.3	Liikennöintikustannukset eriteltynä aiempien suunnitteluvaiheiden kustannusarvioiden perusteella	16
7	KUSTANNUSVAIKUTUKSET METRON KÄYTTÄJILLE.....	18
8	LINJAN TARKASTELUA	19

1 ESIPUHE

Tämä Östersundomin metron rakennettavuus- ja kustannustarkastelu on tehty Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston toimeksiannosta osana Östersundomin yleiskaavan kaavatalousselvitystä. Selvityksen on tehnyt Sito Oy. Selvityksen ohjausryhmässä ovat olleet:

Pekka Leivo	KSV
Ilkka Laine	KSV
Antti Mentula	KSV
Joonas Stenroth	Vantaan kaupunki
	HKL

Sito Oy:ssä työhön ovat osallistuneet:

Jukka Pöllä
Ulla Sipola
Kalle Hollmén
Teuvo Leskinen
Markus Helelä
Elina Marttila

2 YLEISTÄ

Östersundomin alueelle laaditaan kuntien yhteistä yleiskaavaa noin 80 000 asukkaalle yhteistyössä Helsingin, Sipoon ja Vantaan kesken. Alueen on tarkoitus tukeutua nykyiseen kaupunkirakenteeseen raideliikenteen välityksellä. Kaavoituksen aikaisemmissa vaiheissa tehtyjen liikenneselvitysten perusteella Östersundomin joukkoliikenne tulee perustumaan pääasiassa metroon ja sen liityntäbussiliikenteeseen.

Vuonna 2014 Sito Oy teki Östersundomin metron rakennettavuus- ja kustannustarkastelun (KAU 41404, 14.9.2014). Selvityksessä tarkastellut kolme vaihtoehtoista metrolinjaa perustuvat Östersundomin metron esiselvityksen (SITO Oy, 2010) tuloksena valittuun ratalinjaan, joka alkaa Mellunmäen nykyiseltä metroasemalta ja päättyy Sipoon Majvikiin. Kussakin vaihtoehdossa on viisi metroasemaa: Länsisalmi, Salmenkallio, Östersundom, Sakarinmäki ja Majvik. Näistä yleiskaavaehdotukseen valitun linjauksen kokonaispituuspituus oli 9,4 km ja kustannusarvio 631 M€.

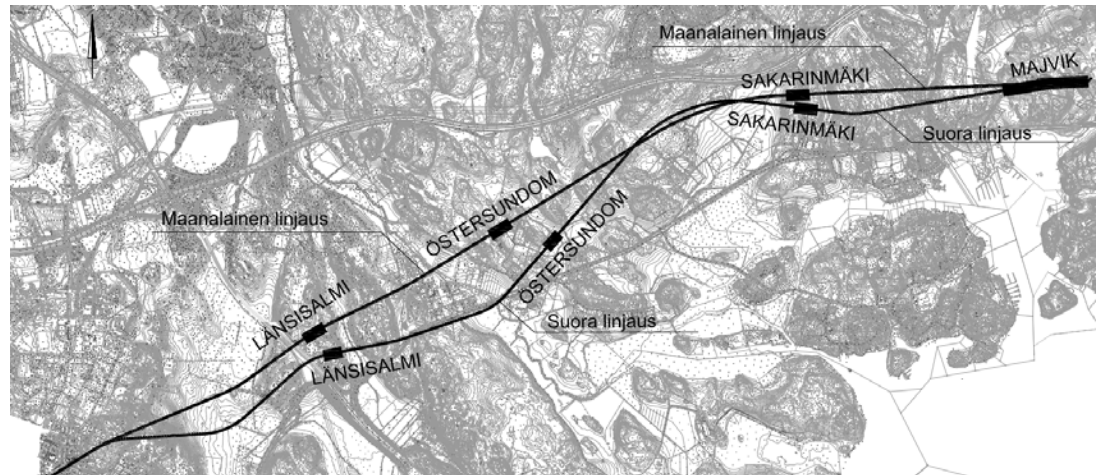
Syksyllä 2016 Sito Oy laati Östersundomin metron pohjoisen linjauksen rakennettavuus- ja kustannustarkastelun (KAU42335, 30.11.2016, versio 2 30.12.2016). Pohjoisen linjauksen kokonaispituus oli 9,2 km ja kustannusarvio 813 M€. Pohjoisempi vaihtoehto kiersi Natura-alueen. Pohjoisella linjauksella oli neljä metroasemaa, joista pääteasema Länsisalmi on sillalla, Östersundom sekä Sakarinmäki betonitunnelissa ja Majvik kalliotunnelissa.

Joulukuussa 2016 Sito Oy tutki pohjoista linjausta suuremman metrolinjauksen vaihtoehtoa. Linjauksen pituus on n. 8,4 km ja sillä on neljä metroasemaa, joista Majvik on kalliotunnelissa ja Länsisalmi, Östersundom sekä Sakarinmäki betonitunneleissa.

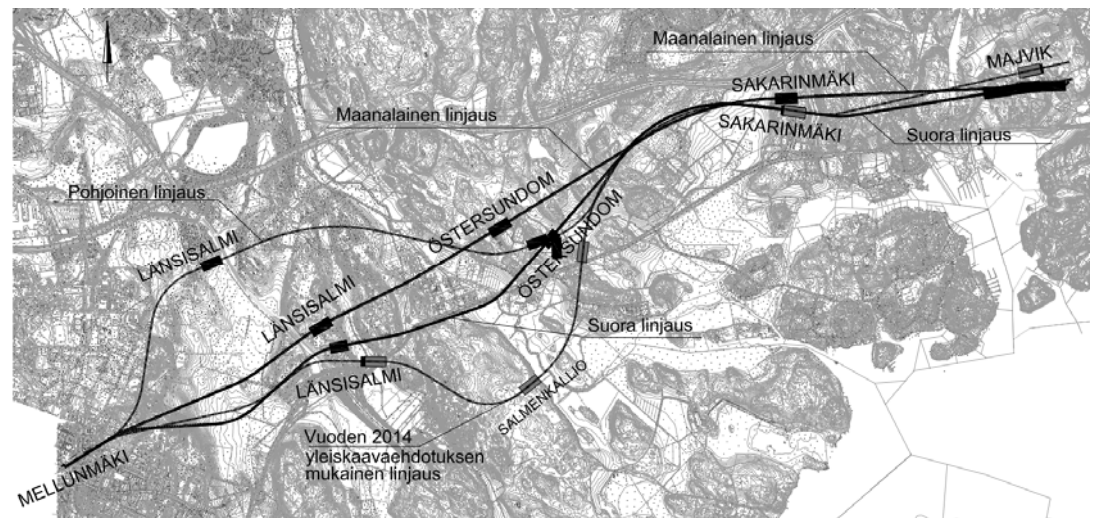
Tässä rakennettavuus- ja kustannustarkastelussa on tutkittu joulukuun 2016 suoraa linjausta, mutta uudella tasauksella (suora linjaus, kevät 2017), sekä uutta maanalaista linjausta (maanalainen linjaus, kevät 2017). Vuoden 2017 uusi yleiskaavaehdotus perustuu kevään 2017 suoraan linjaukseen.

Lopussa on vertailtu keskenään kaikki tutkitut linjaukset:

1. Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen mukainen linjaus
2. Pohjoinen linjaus, syysy 2016
3. Suora linjaus, joulukuu 2016
4. Suora linjaus, kevät 2017
5. Maanalainen linjaus, kevät 2017.



Kuva 1. Keväällä 2017 tutkitut linjaukset: suora linja uudella tasauksella ja maanalainen linjaus



Kuva 2. Kaikki tutkitut linjaukset: Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen mukainen linjaus, pohjoinen linjaus (syysy 2016), suora linjaus (joulukuu 2016), suora linjaus (kevät 2017) ja maanalainen linjaus (kevät 2017).

Tässä tarkastelussa otetaan kantaa vain metrolinjojen rakentamiskustannuksiin sekä varsinaisen metroradan liikennöinti- ja kunnossapitokustannuksiin. Esimerkiksi maankäytölliset ratkaisut, kuten radan maanpintayhteyksien sijainnit (ajotunnelit, kuilut), tonttimaan vapaana pysyminen (pintarata vs. rata tunnelissa) ja muut kunnossapitokustannukset on rajattu pois tarkastelun laajuudesta.

3 METROLINJAN TEKNISET RATKAISUT

3.1 Poikkileikkaukset ja rakenteet

3.1.1 Kalliotunneli

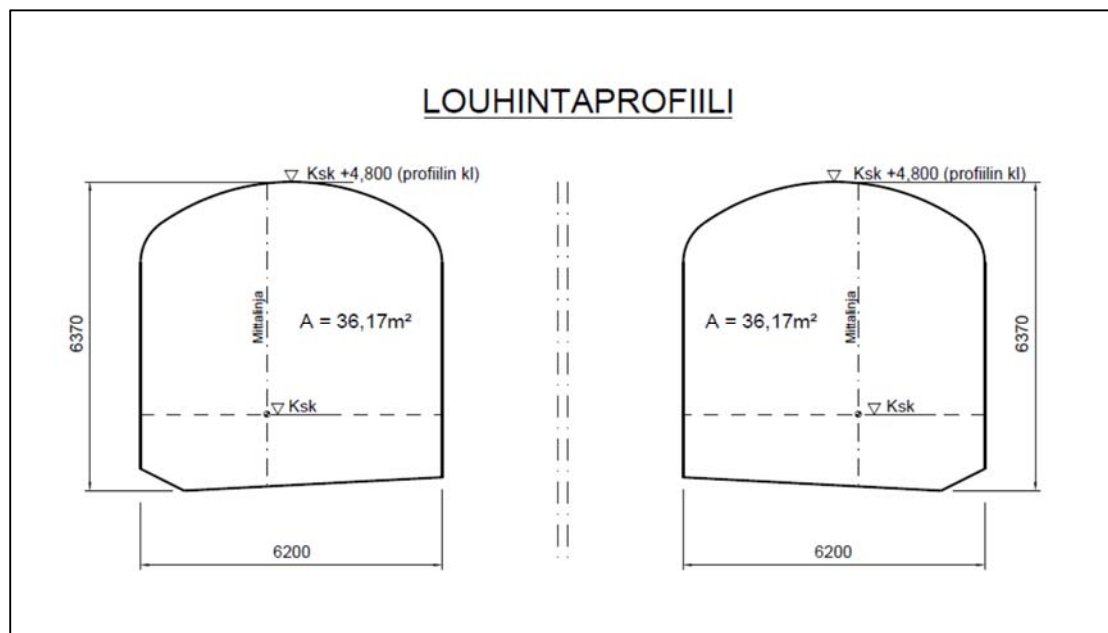
Kalliotunnelin poikkileikkausprofiili on Länsimetrossa käytetyn mukainen (Kuva 3). Tunnelin lujitus- ja injektointitarve riippuvat vallitsevista kallio-olosuhteista. Olosuhteet on jaoteltu kalliorakentamisen näkökulmasta normaaleihin, vaativiin ja erittäin vaativiin.

Normaalit olosuhteet: kalliossa ei ole tunnelinrakentamista haittaavia ja työtä keskeyttäviä rikkonaisuusvyöhykkeitä, injektointitarve vähäinen. Lopullisena lujituksena on pultitus ja katossa kerrospaksuus 70 mm:n ruiskubetoni.

Vaativat olosuhteet: kallio on rikkonaista, työnaikaista turvaruiskubetonointia ja pultitusta tarvitaan, kohonnut injektointitarve, lopullisena lujituksena pultitus ja katossa 100 mm:n ruiskubetonikerros.

Erittäin vaativat olosuhteet: kallio on rikkonaista, lyhennetyt katkot, työnaikaista turvaruiskubetonointia ja pultitusta tarvitaan, kohonnut injektointitarve, lopullisena lujituksena pultitus ja katossa 100 mm:n ruiskubetonikerros.

Kaikissa olosuhteissa voi olla ohuen kalliokaton osuuksia.



Kuva 3. Metrotunnelin louhintaprofiili

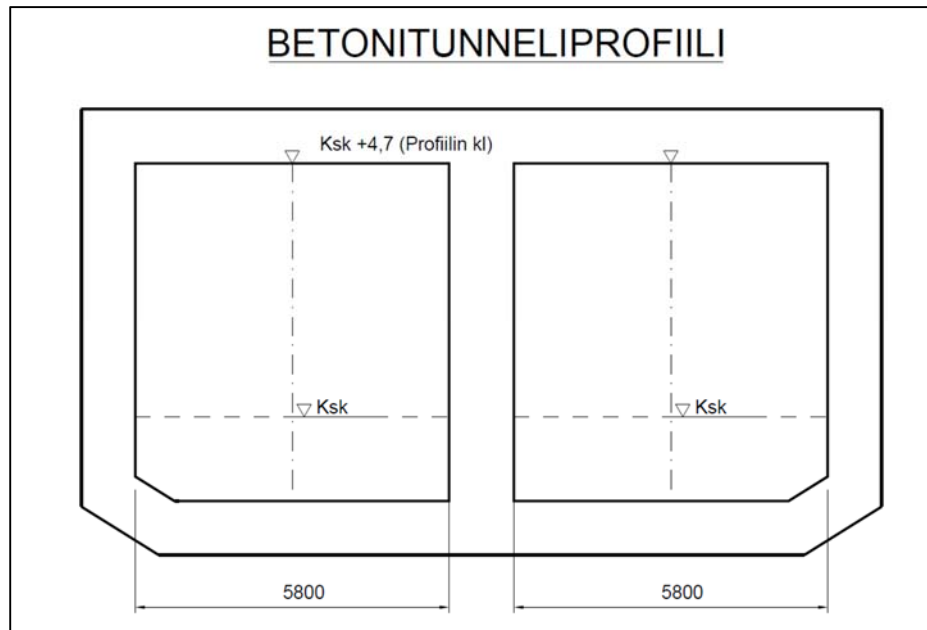
3.1.2 Betonitunneli

Betonitunnelin poikkileikkaus on esitetty alla olevassa kuvassa (Kuva 4). Betonitunnelin rakenne riippuu maaperäolosuhteista. Olosuhteet on jaoteltu normaaleihin, vaativiin ja erittäin vaativiin.

Normaalit olosuhteet: Tunneli perustetaan kovalle pohjalle, ei ankkurointia nostetta vastaan.

Vaativat olosuhteet: Tunneli on pehmeiköllä, perustetaan paaluilla ja ankkuroidaan nostetta vastaan.

Erittäin vaativat olosuhteet: Tunneli on pehmeiköllä, perustetaan paaluilla ja ankkuroidaan nostetta vastaan, syvä kaivanto ja suuri pohjavedenpaine.



Kuva 4. Betonitunnelin poikkileikkaus

3.1.3 Sillat

Metrosillat ovat betonisia palkkisilloja, joiden leveys on 11 m. Siltojen osalta olosuhdeluokitus on seuraava:

Normaalit olosuhteet: Sillan tuet perustetaan maan tai kallion varaan.

Vaativat olosuhteet: Sillan tuet perustetaan lyhyillä paaluilla kovaan pohjaan.

Erittäin vaativat olosuhteet: Sillan tuet perustetaan pitkillä paaluilla kovaan pohjaan.

3.1.4 Avorataosuus

Avorataosuuksien osalta olosuhdeluokitus on seuraava:

Normaalit olosuhteet: Rata perustetaan penkereellä kantavalle maaperälle.

Vaativat olosuhteet: Rata perustetaan massanvaihdon välityksellä kovaan pohjaan.

Erittäin vaativat olosuhteet: Rata perustetaan paalulaatalla kovaan pohjaan.

3.1.5 Asemat

Asemien tehollisena pituutena on käytetty 135 metriä, joka mahdollistaa kolmen vaunuparin käytön. Asemia lyhentämällä voidaan pienentää kustannuksia. Kallioon louhitun asemahallin ja raiteenvaihtohallin leveys on noin 23 metriä ja kalliossa olevan raiteenvaihtohallin pituus 100 metriä. Asemille on kulku molemmista päistä

4 METROLINJOJEN MAA- JA KALLIOPERÄOLOSUHTEIDEN KUVAUS

4.1 Suora linjaus, kevät 2017

Paaluväli 0 – 350: vanhojen rakenteiden osuus

Ratatunnelin alkuosa yhdistyy Mellunmäen metroasemaan ja kääntöraiteeseen. Paaluvälillä 0–200 on nykyinen asemarakennus, paaluvälillä 200–250 betonitunneli ja paaluvälillä 250–350 kalliotunneli. Vanhojen rakenteiden muuttaminen uusien vaatimusten mukaiseksi vaatii erillistä suunnittelua.

Paaluväli 350 – 1024: kalliotunneli

Noin paalulta 350 eteenpäin ratatunnelia louhitaan uutena kalliotunnelina, jonka lähellä on kääntöraide ja väestönsuoja. Olemassa olevien kalliotilojen läheisyydessä suoritettava louhinta tulee suunnitella erikseen. Kalliorakentamisen näkökulmasta olosuhteet paaluvälillä ovat erittäin vaativat välillä 350–480 ja normaalit välillä 480–1024. Noin paalulta 480 eteenpäin louhinnassa ei enää tarvitse huomioida muita olemassa olevia kalliotiloja. Koko paaluvälin osalta kallio-olosuhteet arvioidaan kalliorakentamisen näkökulmasta normaaleiksi eikä tällä välillä ole tietoa erityisistä heikkousvyöhykkeistä, painanteista tai muista tekijöistä, jotka hidastaisivat tai vaikeuttaisivat louhintaa. Kalliokatto tunnelilinjalla on pääasiassa yli 15 metriä. Suuaukolla kalliokaton paksuus on noin 5...7 metriä.

Paaluväli 1024 – 1755: pintarata ja kaukalo

Paaluväli 1024–1663 on pintarataosuutta, jossa on normaalit olosuhteet. Rata perustetaan kovalle pohjalle. Välillä 1663–1755 kaukalo, jossa paalutusten syvyys 5...10 m.

Paaluväli 1755 – 1790: betonitunneli

Paalulla 1755 rata siirtyy betonitunneliin, joka voidaan perustaa kovalle pohjalle.

Paaluväli 1790 – 2440: kalliotunneli, Länsisalmen asema

Paalulla 1790 rata siirtyy kalliotunneliin, jossa on normaalit kallio-olosuhteet. Paaluvälillä 2135–2155 alitetaan satamarata ohuella kalliokatolla. Paaluvälillä 2305–2440 on Länsisalmen aseman kallioasemaosuus, josta rata jatkuu betonitunnelina.

Paaluväli 2440 – 2600: betonitunneli

Paaluvälillä 2440–2600 rata jatkuu betonitunnelina normaaleissa olosuhteissa, joissa betonitunneli voidaan perustaa kovalle pohjalle.

Paaluväli 2600 – 2857: kalliotunneli

Paaluvälillä 2600–2857 rata kulkee kalliotunnelissa. Kalliorakentamisen näkökulmasta olosuhteet ovat vaativat, ja välillä on varauduttava myös ohueen kalliokattopaksuuteen. Kalliokattopaksuus on tunnelilinjalla pääasiassa 7...10 metriä ja otsien kohdalla noin 5...7 metriä.

Paaluvälille tarvitaan tarkempia tutkimuksia.

Paaluväli 2857 – 3000: betonitunneli

Paaluvälillä 2857–3000 rata kulkee betonitunnelissa. Olosuhteet ovat vaativat ja paaluvälillä alitetaan MT1700, joka edellyttää rakentamisen aikaisia liikennejärjestelyitä.

Paaluväli 3000 – 3450: pintarata

Paaluväli 3000–3450 toteutetaan pintaratana. Paaluvälillä 3000–3450 olosuhteet ovat vaativat ja joudutaan tekemään massanvaihtoa. Paaluvälillä 3400–3450 olosuhteet ovat erittäin vaativat ja rata perustetaan paalulaatalle.

Paaluväli 3450 – 3672: silta

Paaluvälillä 3450–3672 rata kulkee sillalla, kova pohja on yli 20 m:n syvyydessä. Olosuhteet ovat erittäin vaativat.

Paaluväli 3672 – 3826: pintarata

Paaluväli 3672–3826 toteutetaan pintaratana. Paaluvälillä 3672–3778 olosuhteet ovat erittäin vaativat ja rata perustetaan paalulaatalle. Paaluvälillä 3778–3826 olosuhteet ovat vaativat ja joudutaan tekemään massanvaihtoa.

Paaluväli 3826 – 4624: betonitunneli, Östersundomin asema

Paaluvälillä 3672 rata siirtyy betonitunneliin, joka perustetaan kovalle pohjalle. Olosuhteet ovat koko paaluvälillä normaalit. Östersundomin asema sijoittuu paaluvälille 4200–4335. Aseman alueella on savikerros, jonka alapinta on tasauksen alapuolella. Aseman laituritason alapuoliset rakenteet ulottuvat kuitenkin kovaan pohjaan asti.

Paaluväli 4624 – 5586: kalliotunneli

Paaluväli 4624–5586 toteutetaan kalliotunnelina. Paaluvälillä 4840–4910 kalliopinnassa on merkittävä painauma ja osuudella vaikuttaa heikkousvyöhyke (5280–5300). Painuman johdosta kalliokatto-paksuus on ohuimmillaan n. 5 metriä ja olosuhteet erittäin vaativat. Muualla kalliokattopaksuus on riittävä ja olosuhteet ovat kalliorakentamisen näkökulmasta normaalit. Kalliotunnelin suuaukoilla kalliokattopaksuus on noin 7 metriä.

Paaluväli 5586 – 6100: pintarata

Paaluväli 5586–6100 toteutetaan pintaratana. Paaluvälillä 5586–5720 olosuhteet ovat normaalit ja rata perustetaan kovalle pohjalle. Paaluvälillä 5720–6100 olosuhteet ovat erittäin vaativat ja rata perustetaan paalulaatalle, jossa etäisyys kovaan pohjaan on yli 10 metriä.

Paaluväli 6100 – 6367: silta

Paaluvälillä 6100–6367 rata kulkee sillalla, kova pohja on yli 10 m:n syvyydessä. Olosuhteet ovat erittäin vaativat.

Paaluväli 6367 – 6404: pintarata

Paaluväli 6367–6404 toteutetaan pintaratana. Osuudella olosuhteet ovat erittäin vaativat ja rata perustetaan paalulaatalle.

Paaluväli 6404 – 6652: betonitunneli, Sakarinmäen asema

Paaluvälillä 6404 rata siirtyy betonitunneliin, joka perustetaan kovalle pohjalle. Olosuhteet ovat koko paaluvälillä normaalit. Sakarinmäen asema sijoittuu betonitunneliin Knutersintien alle paaluvälille 6470–6640. Tunneliasema voidaan perustaa kovalle pohjalle.

Paaluväli 6652 – 6780: pintarata

Paaluväli 6652–6780 toteutetaan pintaratana. Paaluvälillä 6652–6686 olosuhteet ovat normaalit ja rata perustetaan kovalle pohjalle. Paaluvälillä 6686–6780 olosuhteet ovat erittäin vaativat ja rata perustetaan paalulaatalle.

Paaluväli 6780 – 8400: kalliotunneli, Majvikin asema ja raiteenvaihtohalli

Paaluväli 6780–8400 sijoittuu kokonaisuudessaan kalliotunneliin. Kalliorakentamisen näkökulmasta kallio-olosuhteet ovat koko paaluvälin osalta erittäin vaativat, eikä kalliopinnan korkeusasemasta ole tarkkaa tietoa. Paalujen 6980–7000, 7200–7310, 7430–7450 ja 8000–8030 alueilla olevien maanpinnan painanteiden alueilla on luultavasti heikkousvyöhykkeet.

Majvikin asema sijoittuu paaluvälille 8030–8200. Aseman ympäristössä tullaan todennäköisesti tekemään tasausta, ja tasauksessa on otettava huomioon asemalle vaadittava kattopakkuus. Aseman jälkeen paaluvälille 8200–8300 sijoittuu raiteenvaihtohalli. Kääntöraiteet sijoituvat paaluvälille 8300–8400.

Tälle osuudelle tarvitaan ajotunneli, muuten tunneli joudutaan rakentamaan pelkästään lännen suunnasta. Ajotunnelin paikka on syytä selvittää jatkossa, ja maankäytön suunnittelussa sille on syytä varata paikka, koska se voi toimia tarvittaessa myös alueen tunnelijärjestelmän huoltokäytössä.

4.2 Maanalainen linjaus, kevät 2017

Paaluväli 0 – 350: vanhojen rakenteiden osuus

Ratatunnelin alkuosa yhdistyy Mellunmäen metroasemaan ja kääntöraiteeseen. Paaluvälillä 0–200 on nykyinen asemarakennus, paaluvälillä 200–250 betonitunneli ja paaluvälillä 250–350 kalliotunneli. Vanhojen rakenteiden muuttaminen uusien vaatimusten mukaiseksi vaatii erillistä suunnittelua.

Paaluväli 350 – 950: kalliotunneli

Noin paalulta 350 eteenpäin ratatunnelia louhitaan uutena kalliotunnelina, jonka lähellä on kääntöraide ja väestönsuoja. Olemassa olevien kalliotilojen läheisyydessä suoritettava louhintatulee suunnitella erikseen. Kalliorakentamisen näkökulmasta olosuhteet koko paaluvälillä ovat erittäin vaativat välillä 350–480 ja normaalit välillä 480–950. Noin paalulta 480 eteenpäin louhinnassa ei enää tarvitse huomioida muita olemassa olevia kalliotiloja. Tältä osin kallio-olosuhteet arvioidaan kalliorakentamisen näkökulmasta normaaleiksi, eikä tällä välillä ole tietoa erityisistä heikkousvyöhykkeistä, painanteista tai muista tekijöistä, jotka hidastaisivat tai vaikeuttaisivat louhintaa.

Paaluväli 950 – 1813: betonitunneli

Rata siirtyy betonitunneliin paalulta 950. Paaluväleillä 950–1300 ja 1485–1625 betonitunneli perustetaan kovalle pohjalle normaaleissa olosuhteissa. Paaluvälillä 1300–1485 betonitunnelin rakentamisolosuhteet ovat vaativat ja paalutus ulottuu 5–10 metriin. Paaluvälillä 1625–1813 betonitunnelin rakentamisolosuhteet ovat erittäin vaativat paalujen ulottuessa 10–20 metriin.

Paaluväli 1813 – 2435: kalliotunneli, Länsisalmen asema

Tällä paaluvälillä rata toteutetaan kalliotunnelina normaaleissa kallio-olosuhteissa. Kallioon louhittu Länsisalmen asema sijoittuu paaluvälille 2163–2333.

Länsisalmen aseman osuudelle tarvitaan ajotunneli. Ajotunnelin paikka on syytä selvittää jatkossa, ja maankäytön suunnittelussa sille on syytä varata paikka, koska se voi toimia tarvittaessa myös alueen tunnelijärjestelmän huoltokäytössä.

Paaluväli 2435 – 2573: betonitunneli

Rata siirtyy kulkemaan betonitunnelissa paaluvälillä 2435–2573. Betonitunnelin perustamisolosuhteet ovat erittäin vaativat kaivannon syvyydestä johtuen.

Paaluväli 2573 – 8416: kalliotunneli, Östersundomin, Sakarinmäen ja Majvikin asemat sekä raiteenvaihtohalli

Rata kulkee loppuosan kalliotunnelissa. Paaluvälillä 2940–2995 on arvioitu olevan kallioruhje, jossa kallio-olosuhteet ovat vaativat, kuten myös paaluvälillä 3125–3370, jossa on lisäksi ohut kalliokatto.

Paaluvälille 3738–3908 louhitaan Östersundomin metroasema osittain vaativiin kallio-olosuhteisiin kalliooperän rikkonaisuudesta ja kalliokaton mataluudesta johtuen.

Kallioruhjeita on olemassa olevan tiedon valossa tulkittu paaluväleille 4660–4700 ja 5960–6080.

Sakarinmäen asema louhitaan kallioon paaluvälillä 6187–6357, jolla kallio-olosuhteet ovat normaalit.

Kallioruhjeita on tulkittu myös paaluväleille 6455–6490 ja 6970–6995. Paaluvälin 6995–8046 kallio-olosuhdetietoja ei juurikaan ole, joten kallio-olosuhteet on arvioitu vaativiksi.

Majvikin asema sijoittuu paaluvälille 8046–8216. Aseman ympäristössä tullaan todennäköisesti tekemään tasausta, ja tasauksessa on otettava huomioon asemalle vaadittava kattopakkuus. Aseman jälkeen paaluvälille 8216–8316 sijoittuu raiteenvaihtohalli. Kääntöraiteet sijoittuvat paaluvälille 8316–8416.

Tällä osuudella kaikkien asemien kohdille tarvitaan ajotunneli. Ajotunneleiden paikat on syytä selvittää jatkossa, ja maankäytön suunnittelussa niille on syytä varata paikat, koska ne voivat toimia tarvittaessa myös alueen tunnelijärjestelmän huoltokäytössä.

5 KUSTANNUSARVIOT

5.1 Kustannusperusteista

Vuoden 2014 kustannusarvioiden laatimiseen oli käytetty Länsimetron ja Kehäradan asemien kustannustietoja, Sörnäisten tunnelin kustannusarviota sekä Itämetron esiselvityksen kustannustietoja MAKU-indeksikorjattuna. Arvio oli sidottu MAKU-indeksiin (5/2014 =112.7, 2010 =100). Tässä rakennettavuus- ja kustannusarvioissa on käytetty samoja yksikkökustannuksia, jotka on korjattu MAKU-indeksillä 8/2016 (8/2016 = 108.6), eli 8/2016 kustannustaso on 96.3 % 5/2014 tasosta.

Louheen kuljetuskustannukset on pidetty samana kuin vuonna 2014.

Suora linjaus, kevät 2017

Kalliotunneleiden louhinta tehdään ratatunneleiden päistä käsin, jolloin erillisiä ajotunneleita ei tarvita muualla kuin Majvikissa. Sakarinmäki-Majvik välille tarvitaan pystykuilu, kuilun hinta on mukana kalliotunnelin metrikustannuksissa. Majvikin ajotunneliin ei ole tehty indeksikorjausta, vaan kustannuksena on käytetty vuoden 2014 kustannusarvioista 5 000 €/m.

Maanalainen linjaus, kevät 2017

Kaikille asemille louhitaan yksi ajotunneli, joista tapahtuu myös ratatunneleiden louhinta. Ajo-
tunnelin pituuksina on käytetty 100...250 m. Kaikilla asemaväleille tarvitaan pystykuilut, joiden
hinnat on lisätty kustannusarvioon. Ajotunnelin kustannuksena on käytetty 5000 €/m.

Taulukko 1. Käytetyt yksikköhinnat

Maku 2010 =100				muutos	
Maku 5/2014	112.7	Maku 8/2016	108.6	0.964	
Yksikköhinnat:		5/2014	ratasähkö	8/2016	ratasähkö
Osa	Olosuhde	€/m	€/m	€/m	€/m
Pintarata	helppo	15 600		15 032	
	vaativa	21 000		20 236	
	eritt.vaativa	25 500		24 572	
Kalliotunneli	normaali	29 500		28 427	
	vaativa	36 500		35 172	
	eritt.vaativa	36 500		35 172	
Betonitunneli	helppo	80 000		77 090	
	vaativa	87 100		83 931	
	eritt.vaativa	110 000		105 998	
Rata sillalla	normaali	28 842	7100	27 792	6 842
	vaativa	34 342	7100	33 092	6 842
	eritt.vaativa	61 842	7100	59 592	6 842
Tunneliasema	betoni	210 000	m	202 360	m
Pinta-asema		6 900 000	kpl	6 648 980	kpl
Kalliotunneliasema		50 000 000	kpl	48 181 012	kpl
Raiteenvaihtohalli		63 275	m	60 973	m
Silta m2-hinta					
Rata sillalla	normaali	2 000		1 927	
	vaativa	2 500		2 409	
	eritt.vaativa	5 000		4 818	
Ei indeksikorjausta					
Ajotunnelit		5 000	m	5 000	m
Louheen kuljetus		1 €/km/m ³		1 €/km/m ³	

Tunneliosuuksien metrikustannuksiin sisältävät molemmat tunneliputket. Ratasähkö 6 842 €/m sisältyy nauhakustannuksiin.

Kustannukset on esitetty verottomina (alv. 0 %).

5.2 Linjauksen kustannukset

5.2.1 Suora linjaus

Linjauksen kustannukset ovat noin 690 M€, jakautuen seuraavasti:

31.5.2017		
Rakennusosa	Pituus m	€
Uutta betonitunnelia	1 079	85 252 933
Kaukaloa	92	5 762 420
Asemat betonitunnelissa	305	61 719 800
Kalliotunnelia	3 858	123 434 081
Kallioasemat	305	86 442 404
Raiteenvaihtohalli	100	6 097 300
Siltaa	489	29 261 760
Pintarataa	1 922	40 911 432
Vanhat rakenteet	250	3 000 000
Louheen kuljetus 5 km		1 883 112
Ajotunneli Majvikissa		500 000
Yhteensä	8 400	444 265 242
Suunnittelu ja rakennuttaminen	15 %	66 639 786
		510 905 028
Suunnittelu-, urakointi ja riskivaraus	35 %	178 816 760
YHTEENSÄ		689 721 788
metrikustannus	€/m	82 110
Tunnelilouhe		
Tunnelilouhetta m ³		342 384
yhdystunnelit yms.	10 %	34 238
Louhetta yht. m ³		376 622
Kuljetuskust. 5 km		1 883 112

5.2.2 Maanalainen linjaus

Linjauksen kustannukset ovat noin 801 M€, jakautuen seuraavasti:

31.5.2017		
Rakennusosa	Pituus m	€
Uutta betonitunnelia	1 001	87 856 683
Kalliotunnelia	6 285	190 811 440
Kallioasemat	680	197 542 149
Raiteenvaihtohalli	100	6 097 300
Vanhat rakenteet	250	3 000 000
Ajotunneli Länsisalmi	150	750 000
Ajotunneli Östersundom	250	1 250 000
Ajotunneli Sakarinmäki	250	1 250 000
Ajotunneli Majvik	100	500 000
Lisäraiteenvaihtohalli, lisäkustannus	100	3 517 200
Lisäkuilu kpl	4	20 000 000
Louheen kuljetus 5 km	-	3 374 278
Yhteensä		515 949 050
Suunnittelu ja rakennuttaminen	15 %	77 392 357
		593 341 407
Suunnittelu-, urakointi ja riskivaraus	35 %	207 669 493
YHTEENSÄ		801 010 900
Linjapituus	m	8 416
metrikustannus	€/m	95 177
Tunnelilouhe		
Tunnelilouhetta m ³		613 505
yhdystunnelit yms.	10 %	61 351
Louhetta yht. m ³		674 856
Kuljetuskust. 5 km		3 374 278

5.3 Vertailua vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen kustannuksiin

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen n. 9,4 km pitkän linjausvaihtoehdon rakennettavuus- ja kustannustarkastelussa linjan kustannusarvioksi määräytyi 631 M€ ja metrikustannus oli 67 000 €/m.

Vuoden 2016 aikana tehdyissä rakennettavuus- ja kustannustarkasteluissa pohjoisen linjauksen pituus oli n. 9,2 km, kustannusarvio 813 M€ ja metrikustannus noin 88 000 €, ja suoran linjauksen pituus on n. 8,4 km, kustannusarvio 694 M€ ja metrikustannus noin 85 000 €. Kustannusarviossa on mukana Länsisalmen asemavaruksen rakentaminen valmiiksi.

Tässä tutkitun suoran vaihtoehdon kustannusarvio on 690 M€ ja metrikustannus n. 82 000 €/m. Vaihtoehto on n. 59 M€ kalliimpi ja metrikustannus n. 15 000 € suurempi kuin vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjauksessa, jossa betonitunnelia oli n. 540 m ja pintarataa n. 1200 m. Nyt tutkitussa suorassa vaihtoehdossa kallista betonitunnelia on n. 1079 m eli n. 539 m enemmän ja metrikustannuksiltaan suhteellisen halpaa pintarataa 1922 m.

Tässä tutkitun maanalaisen vaihtoehdon kustannusarvio on 801 M€ ja metrikustannus n. 95 000 €/m. Vaihtoehto on 170 M€ kalliimpi ja metrikustannus n. 28 000 € suurempi kuin vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjassa.

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen mukainen linja on pisin, mutta sisältää eniten suhteellisesti edullisimpia pintarataosuuksia ja kalliotunneleita. Pohjoisen linjauksen vaihtoehdossa betonitunneliosuuksien pitkä yhteispituus ja pintarataosuuden pituus kasvattavat kustannuksia ja radan metrikustannusta. Vuonna 2016 tutkittu suora linjaus on lyhyin ja tunneleiden määrä on vähäinen, mutta siltojen rakentamisen kustannukset sekä asemien rakentamiskustannukset kasvattavat vaihtoehdon kustannuksia. Nyt tutkittu suora vaihtoehto on hieman pidempi ja sen kalliin betonitunnelin osuus on suuri. Kokonaan maanalaisen linjauksen kustannuksia nostaa verrattain kalliit asemarakentamisen kustannukset ja ratatunneliosuuksille rakennettavat pystykuilut.

Em. vaihtoehtojen kustannustarkastelut on kerätty seuraavaan taulukkoon (Taulukko 2).

Taulukko 2. Eri linjausvaihtoehtojen rakentamiskustannusten vertailua

Rakennusosa	Yleiskaavaehdotuksen mukainen linjaus (2014)		Pohjoinen linjaus (2016)		Suora linjaus (2016)	
	Pituus m	€	Pituus m	€	Pituus m	€
Uutta betonitunnelia	585	58 358 000	2 399	199 421 860	1 057	81 484 130
Asemat betonitunnelissa	135	28 350 000	330	66 778 882	440	81 955 800
Kalliotunnelia	5 045	191 177 500	4 338	138 106 415	3 340	108 153 760
Kallioasemat	135	50 000 000	170	48 181 012	170	50 000 000
Raiteenvaihtohalli			100	6 097 300	100	6 237 500
Siltaa	1 830	49 970 200	801	37 113 021	1 403	80 362 007
Asema sillalla			160	6 648 980		
Pinta-asema	270	13 800 000				
Pintarataa	1 180	9 666 000	694	15 844 072	1 640	34 005 312
Vanhat rakenteet	250	3 000 000	250	3 000 000	250	3 000 000
Louheen kuljetus 5 km		2 136 943		1 964 361		1 563 760
Ajotunneli Majvikissa				500 000		500 000
Yhteensä	9 430	406 458 643	9 242	523 655 902	8 400	447 262 269
Suunnittelu ja rakennuttaminen	15 %	60 968 796		78 548 385		67 089 340
Suunnittelu-, urakointi ja riskivaraus	35 %	163 599 604		210 771 501		180 023 063
YHTEENSÄ		631 027 042		812 975 788		694 374 673
metrikustannus (€/m)		66 917		87 968		82 664

Rakennusosa	Maanalainen linjaus (keväät 2017)		Suora linjaus (keväät 2017)	
	Pituus m	€	Pituus m	€
Uutta betonitunnelia	1 001	87 856 683	1 079	85 252 933
Kaukaloa			92	5 762 420
Asemat betonitunnelissa			305	61 719 800
Kalliotunnelia	6 285	190 811 440	3 858	123 434 081
Kallioasemat	680	197 542 149	305	86 442 404
Raiteenvaihtohalli	100	6 097 300	100	6 097 300
Siltaa			489	29 261 760
Pintarataa			1 922	40 911 432
Vanhat rakenteet	250	3 000 000	250	3 000 000
Ajotunneli Länsisalmi	150	750 000		
Ajotunneli Östersundom	250	1 250 000		
Ajotunneli Sakarinmäki	250	1 250 000		
Ajotunneli Majvik	100	500 000	100	500 000
Lisäraiteenvaihtohalli, lisäkustann	100	3 517 200		
Lisäkuilu kpl	4	20 000 000		
Louheen kuljetus 5 km	-	3 374 278		1 883 112
Yhteensä	8 416	515 949 050	8 400	444 265 242
Suunnittelu ja rakennuttaminen	15 %	77 392 358		66 639 786
Suunnittelu-, urakointi ja riskivaraus	35 %	207 669 493		178 816 760
YHTEENSÄ		801 010 900		689 721 788
metrikustannus (€/m)		95 177		82 110

6 METRON LIIKENNÖINTI- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET

6.1 Vertailun lähtökohdat

Joukkoliikennejärjestelmien liikennöintikustannuksia arvioidaan pääkaupunkiseudulla yleisesti laskentatavalla, jossa kustannukset jaetaan kolmeen osatekijään:

1. Kaluston vaunupäiväkustannukset (kiinteät kustannukset, kuten liikenteeseen sidotun kaluston pääomakustannukset ym.)

2. Tuntikustannukset (päivittäisen liikennöintiajan perusteella määräytyvät muuttuvat kustannukset, kuten liikenteen hoitoon tarvittavan henkilökunnan palkat ym.)
3. Kilometrikustannukset (päivittäin ajettavien linjakilometrien perusteella määräytyvät muuttuvat kustannukset, kuten energia- ym. kustannukset).

Mellunmäki-Östersundom-Majvik metroradalle ei ole vielä käytettävissä tarkkaa liikennöinti-suunnitelmaa, joten ratalinjavaihtoehtojen pituuden ja asemien määrän vaikutuksia metron liikennöintikustannuksiin on vaikea arvioida yksityiskohtaisesti nykyisellä laskentatavalla. Lisäksi rataa tullaan todennäköisesti liikennöimään automaattimetrolla, jonka liikennöintikustannusten yksikkökustannukset (€/päivä, €/km, €/h) tulevat muuttumaan nykyisen kaltaisen metron liikennöinnin yksikkökustannuksiin verrattuna.

Suuntaa antavat arviot linjavaihtoehtojen vaikutuksista liikennöintikustannuksiin on tehty HKL:n ilmoittamien nykyisen metron keskimääräisen kilometrikustannuksen perusteella. Lisäksi linjavaihtoehtojen kustannusvaikutuksia on arvioitu alustavalla tarkkuudella itämetron Mellunmäki-Sakarimäki -osuudelle aiemmissa selvityksissä tehtyjen liikennöintisuunnitelmien pohjalta.

6.2 Linjavaihtoehtojen liikennöintikustannusten vertailu keskiarvokustannuksilla arvioituna

Liikennöintikustannusten keskiarvona on käytetty HKL:n ilmoittamia yksikkökustannuksia 1,67 €/vaunokm, jolloin kahden yksikön junilla liikennöitäessä kustannus on $4 \times 1,67 = 6,68$ €/linjakm. Yksikkökustannuksena on tässä käytetty vertailukelpoisuuden takia samaa arvoa, kuin vuoden 2014 vaihtoehtovertailussa.

Linjakilometrien määrä on arvioitu olettaen, että päivittäin rataosuudella ajetaan keskimäärin noin 190 lähtöä päivässä / suunta. Arvio perustuu itämetron aiemmissa selvityksissä käytettyihin vuoromääriin ja liikennöintiaikoihin. Ruuhka-ajan vuoroväliksi on tässä oletettu 4 minuuttia, mutta uusimpien matkustajaennusteiden perusteella ruuhka-ajan vuoroväli voi olla tulevaisuudessa hieman tätä tiheämpikin. Vertailutaulukossa esitettyihin linjapituuksiin sisältyy myös kääntöraiteita, eli linjapituus on hieman suurempi kuin Mellunmäen ja Majvikin asemien väli.

Taulukko 3. Liikennöintikustannusten vertailukustannukset Mellunmäki-Majvik -osuudella

	<i>Linjapituus km</i>	<i>Linjakilometrit milj. km/vuosi</i>	<i>Kustannus M€/vuosi</i>
<i>Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus</i>	<i>9,410</i>	<i>1,107</i>	<i>7,392</i>
<i>Pohjoinen linjaus (yleiskaavaehdotus 2016)</i>	<i>9,240</i>	<i>1,087</i>	<i>7,259</i>
<i>Suora linjaus (kevät 2017, ve A)</i>	<i>8,400</i>	<i>0,988</i>	<i>6,599</i>
<i>Maanalainen linjaus (kevät 2017, ve B)</i>	<i>8,416</i>	<i>0,990</i>	<i>6,611</i>

Vuonna 2016 tutkittu pohjoinen linjaus oli liikennöintikustannuksiltaan 0,13 miljoonaa euroa/vuosi edullisempi kuin vuoden 2014 yleiskaavan mukainen linjaus.

Nyt tutkittu suora metrolinjaus (ve A) säästää näin arvioituna liikennöintikustannuksissa 0,79 miljoonaa euroa vuodessa verrattuna vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjaukseen. Hieman pidempi maanalainen linjaus (ve B) säästää 0,78 miljoonaa euroa vuodessa.

Nämä arviot perustuvat oletukseen, että linjan lyhenemisestä saatava ajoajan säästö voidaan myös hyödyntää täysimääräisesti automaattimetrolla nopeampina aikatauluina ja kalustokier-
tona.

6.3 Liikennöintikustannukset eriteltynä aiempien suunnitteluvaiheiden kustannusarvioiden perusteella

Uusien linjausvaihtoehtojen vaikutuksia metron liikennöintikustannuksien eri osatekijöihin on eritelty tässä alustavasti käyttäen lähtökohtana Itämetron esiselvityksen (Helsingin KSV 2010) linjausvaihto-ehdon 2.2. liikennöintisuunnitelmaa, jota on täydennetty Majvikin metron esiselvityksen (Helsingin KSV 2011) ja Itäisen metrokäytävän esiselvityksen (Sipoo 2013) tiedoilla. Näissä selvityksissä lähtökohtana oli liikennöinti Tapiola-Majvik metrolinjalla, jonka liikennöintikustannukset oli arvioitu seuraavista lähtökohdista:

- linjapituus Tapiola-Majvik 36,1 km, josta Länsisalmi-Majvik -osuus 9,9 km
- ajoaika 45,2 minuuttia
- kääntöaika 3 minuuttia
- kierrosaika 97,5 – 100 minuuttia vuorotiheydestä riippuen
- mitoittava kalustotarve (ruuhka) 25 junaa

Metron vuorovälinä talviaikataulukaudella oli käytetty ruuhka-aikana 4 minuuttia, päivällä 7,5 minuuttia ja illalla 10 minuuttia. Tämä vastaa arkiliikenteessä noin 190 lähtöä päivässä suunnatansa.

Tapiola-Majvik linjan liikennöintikustannuksien vertailukustannuksiksi voidaan arvioida näillä perusteilla:

- linjatuntikustannukset 10,1 milj.€/vuosi
- linjakilometrikustannukset 7,7 milj.€/vuosi
- vuoropäiväkustannukset 9,1 milj.€/vuosi
- yhteensä 27,0 milj.€/vuosi

Kustannusarvio perustuu vuoden 2013 selvityksessä käytettyihin yksikkökustannuksiin. Näin laskettu vertailukustannus on linjakilometriä kohden kahden yksikön junalle 6,56 € eli 1,64 €/vaunukm. Tämä vastaa hyvin edellä käytettyä HKL:n ilmoittamaa metron keskiarvokustannusta (1,67 €/vaunukm), joka perustui hieman uudempiin kustannustietoihin.

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen mukaisen linjauksen, vuonna 2016 tutkitun pohjoisen linjauksen ja nyt tutkittujen uusien linjausten vertailupituudet ja matka-ajat välillä Mellunmäki – Sakarinmäki on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 4). Matka-aikavertailu on tehty vertailukelpoisuuden vuoksi vain Mellunmäki-Sakarinmäki -välille, jolla linjausvaihtoehdoilla on merkittävimmät erot ratalinjan pituudessa ja asemien määrässä.

Taulukko 4. Tutkittujen linjausten vertailupituudet ja matka-ajat

	Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus	Pohjoinen linjaus 2016	Suora linjaus, kevät 2017 (ve A)	Maanalainen linjaus, kevät 2017 (ve B)
Vertailupituus Mellunmäki – Sakarinmäki (ilman kääntöraidetta) km	7,240	7,110	6,590	6,307
Matka-aika (min.)				
- Ajoaika (liikkeessä- oloaika)	11,87 1,60	11,38 1,33	11,01 1,33	10,80 1,33
- Aika asemilla	13,47	12,71	12,34	12,14
Yhteensä				

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjauksen kustannus selvityksessä arvioiduissa linjausvaihtoehdossa linjalla oli viisi uutta asemaa ja metron pysähdykset olivat kaikilla linjauksilla samat. Pohjoisella linjauksella (2016) ja nyt tutkituilla uusilla linjauksilla on yksi asema vähemmän Salmenkallion aseman jäätyä pois.

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksessa esitettyyn linjaan verrattuna kaikki tässä tutkitut rata-linjaukset ovat lyhyempiä. Metron ajoajat ja sen myötä vuosittain liikennöitävät linjakilometrit ja -tunnit vähenevät. Edellä kuvatun Tapiola-Majvik -liikennöintisuunnitelman perusteella arvioidut liikennöintikustannukset muuttuvat seuraavasti:

Pohjoinen linjaus 2016

Linjan pituus lyhenee 0,13 km ja matka-aika 0,12 minuuttia. Matka-aikasäästö on noin 230 tuntia vuodessa eli linjatuntikustannuksina noin 12 000 euroa vuodessa.

Linjakilometrit vähenevät noin 15 000 kilometrillä vuodessa eli kilometrikustannuksiin säästöä muodostuu noin 28 000 euroa vuodessa.

Kustannusvertailun lähtökohtana käytettyyn Mellunmäki-Östersundom-Majvik -liikennöintisuunnitelmaan verrattuna metrolinjan pituus lyhenee 0,64 km ja kiertoaika 2,3 minuuttia eli 2,4 %. Jotta liikennöintisuunnitelmassa arvioidusta ruuhka-ajan kalustokierrosta (25 junaa) voitaisiin vähentää junia, tulisi ajoajan lyhenemä olla vähintään noin 4 minuuttia. Kalustomäärän mukaan määräytyvät vuoro-päiväkustannukset eivät näin arvioituna vielä pieneneisi tässä linjausvaihtoehdossa.

Näin arvioituna linjan lyhenemisestä muodostuisi liikennöintikustannuksissa säästöjä noin 40 000 euroa vuodessa eli vähemmän kuin edellä keskiarvokustannuksilla arvioitu säästö (130 000 euroa vuodessa). Arvio on tehty perinteisiin 4 – 10 minuutin vuoroväleihin perustuvalla liikennöintisuunnitelmalla. Automaattimetron mahdollistamalla lyhyemmällä vuoroväleillä liikennöitäessä pienemmästäkin linjan ja ajoajan lyhenemisestä voidaan hyötyä enemmän.

Suora linjaus ja maanalainen linjaus (kevät 2017)

Linjan pituus lyhenee 0,63 km ja matka-aika 0,8 minuuttia. Matka-aikasäästö on noin 1 500 tuntia vuodessa eli linjatuntikustannuksina noin 66 000 euroa vuodessa.

Linjakilometrit vähenevät noin 72 000 kilometrillä vuodessa eli kilometrikustannuksiin säästöä muodostuu noin 107 000 euroa vuodessa.

Kustannusvertailun lähtökohtana käytettyyn liikennöintisuunnitelmaan verrattuna metrolinjan pituus lyhenee 1,14 km ja kiertoaika 3,0 minuuttia. Neljän minuutin vuorovälillä liikennöitäessä tämä ei vielä nopeuta kalustokiertoa, mutta jos vuoroväli lyhenee tulevaisuudessa kolmeen minuuttiin, säästäisi lyhyempi linja ja nopeutuva vaunukierto vuoropäiväkustannuksia noin 3 % eli noin 275 000 euroa vuodessa.

Näin arvioituna linjan lyhenemisestä muodostuisi liikennöintikustannuksissa säästöjä noin 0,45 miljoonaa euroa vuodessa. Keskiarvokustannuksilla arvioituna säästö muodostui hieman suuremmaksi, 0,78–0,79 miljoonaa euroa vuodessa.

Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannuksena on käytetty 54 €/vuosi/raidemetri.

Taulukko 5. Kunnossapitokustannukset tutkituilla linjavaihtoehdoilla

	Linjapituus km	Kunnossapitokustannus €/vuosi
<i>Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus</i>	9,410	1 018 000
<i>Pohjoinen linjaus (yleiskaavaehdotus 2016)</i>	9,240	1 000 000
<i>Suora linjaus, kevät 2017(ve A)</i>	8,400	907 000
<i>Maanalainen linjaus, kevät 2017 (ve B)</i>	8,416	909 000

Kunnossapitokustannukset sisältävät myös kunnossapitokaluston pääomakustannukset ja huoltovarikon kustannukset.

Radan kunnossapitokustannusten osalta ei ole tässä tehty eroa tunnelin ja avorataosuuden välillä. Avorataosuudella on talvella kunnossapitotöitä enemmän, mutta tunnelissa on sen tekniikkaan liittyvää kunnossapitoa. Suoran ja kaarevan radan kunnossapidossa on kustannuseroja, mutta tässä tarkastelussa ei ole määritelty eroa suoran ja kaarreradan kunnossapitokustannuksille.

7 KUSTANNUSVAIKUTUKSET METRON KÄYTTÄJILLE

Liikenneviraston Ratahankkeiden hankearviointiohjetta soveltaen voidaan matka-aikakustannusten suhteellisia eroja eripituisilla linjauksilla arvioida seuraavasti:

- ajanarvo 9,80 €/h (oletuksena työmatkan ajanarvo)
- matkan osavaihe / aika kulkuvälineessä istuen (kerroin 1,0)
- rataosuudella Östersundom - Sakarimäki 15 600 matkustajaa/vrk (*matkustajaennusteet ovat tarkentuneet, mutta tässä on käytetty vielä aiemman kustannusselvityksen arviota*)

Linjan lyhenemisestä muodostuvat matka-aikakustannusten erot verrattuna vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjaukseen em. oletusarvoilla laskettuna on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 6).

Taulukko 6. Matka-aikakustannusten erot vuoden 2014 yleiskaavaehdotukseen nähden

Aikakustannus metromatkan osalta	Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus	Pohjoinen linjaus (2016)	Suora metro Maanalainen metro (2017, ve A ja B)
<i>minutteja junassa</i>	11,87	11,38	11,01
<i>matka-aika/vrk (h)</i>	3086	2959	2863

Aikakustannus M€/vuosi	11,037	10,584	10,240
Säästö verrattuna yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaukseen M€/v		0,453	0,797

8 LINJAN TARKASTELUA

Tarkastelu on suoritettu viidelle eri linjalle, josta rakentamiskustannuksiltaan edullisimmaksi vaihtoehdoksi on todettu yleiskaavaehdotuksen 2014 mukainen linjaus ja kalleimmaksi syksyllä 2016 tarkasteltu pohjoisin linjaus. Metrikustannuksiltaan halvin linjaus on myöskin yleiskaavaehdotuksen mukainen linjaus, mutta kallein on maanalainen linjaus. Yhteenvedo on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 7).

Taulukko 7. Yhteenvedo tarkasteltujen linjavaihtoehtojen pituuksista ja rakentamiskustannuksista.

Vaihtoehto	Linjapituus km	Kustannus M€	metrikustannus (t €)
Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus	9,4	631	66,9
Pohjoinen linjaus (syksy 2016)	9,2	813	88,0
Suora linjaus (joulukuu 2016)	8,4	694	82,7
Suora linjaus (kevät 2017)	8,4	690	82,1
Maanalainen linjaus (kevät 2017)	8,4	801	95,2

Linjojen rakentamiskustannuksia selittää perustamisolosuhteiden lisäksi maanpinnan topografiasta, maaperäolosuhteista ja linjauksen tasauksesta seuraavat metrolinjojen tekniset ratkaisut, joiden yksikkökustannukset poikkeavat merkittävästikin toisistaan. Maanalaisen linjauksen (kevät 2017) kustannuksia ei niinkään selitä kalliotunnelin merkittävä pituus vaan se, että edullisinta pintarataa ei linjauksella ole ollenkaan. Vastaavasti yleiskaavaehdotuksen mukaisen linjauksella on vähiten kallista betonitunneliosuutta. Jos linjauksen geometriaa olisi mahdollista osa-optimoida edellisten havaintojen perusteella puhtaasi edullisempien yksikköhintojen suuntaan, niin esimerkiksi maanalaisen linjauksen rakentamiskustannuksia voisi mahdollisesti halventaa 50...80 M€, jos tasauksen muutoksella kyettäisiin viemään koko rataosuus kalliotunneliin.

Taulukko 8. Eri linjausvaihtoehtojen teknisten ratkaisujen kokonaispituudet.

	Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus	Pohjoinen linjaus (syksy 2016)	Suora linjaus (joulukuu 2016)	Suora linjaus (kevät 2017)	Maanalainen linjaus (kevät 2017)
Uutta betonitunnelia	585	2399	1057	1079	1001
Kaukaloa	0	0	0	92	0
Kalliotunnelia	5045	4338	3340	3858	6385
Siltaa	1830	801	1403	489	0
Pintarataa	1180	694	1640	1922	0
Vanhat rakenteet	250	250	250	250	250
Raiteenvaih-tohalli	0	100	100	100	100
Asemaa kalli-ossa	135	170	170	305	680

Asemaa beto- nitunnelissa	135	330	440	305	0
Asemaa sil- lalla	0	160	0	0	0
Pinta-asema	270	0			
Yhteensä	9430	9242	8400	8400	8416

Jatkossa huomioitavia kohtia ovat mm.

- välillä 0 – 480 olemassa olevat rakenteet ja kalliotilat, koska lähtö Mellunmäen rai-
teenvaihdosta on lukittu
- betonitunneliin tehtävien asemien ympäristön tasausta tulisi harkita siten, että syviltä
kaivannoilta vältyttäisiin
- tasauksen todellisia muutosmahdollisuuksia sekä niiden aiheuttamia kustannusvaiku-
tuksia on vaikea arvioida kalliopinnan korkeusasemaa koskevien tietojen vähäisyyden
vuoksi
- kallionpinnan korkeusaseman merkitys painanteissa ja tunnelien suuaukkojen sijoitta-
misessa vaikuttaa sekä kalliotunneleiden että betonitunneleiden pituuksiin ja kustan-
nuksiin merkittävästi
- kokonaan maanalaisessa linjausvaihtoehdossa Länsisalmen asema sijaitsee tällä het-
kellä radan vaakageometrian kaarreosuudella, mikä saattaa tuoda haasteita asemalai-
turin ratkaisuihin
- kalliolaadun tarkemmat selvitykset jatkossa parantavat erityisesti kallio-osuuksien ra-
kentamiskustannusten arvion tarkkuutta kallio-olosuhdetiedon tarkentuessa
- valittujen ratkaisujen vaikutus muun rakentamisen kustannuksiin:
 - metroradan rakentamisessa olennaisena osana on massatalous. Nyt teh-
dyssä tarkastelussa massatalouden hallinta näyttäytyy lähinnä kustannuk-
sena, mutta muu ympärillä oleva rakentaminen saattaisi tarjota mahdolli-
suuden massatalouden kokonaisoptimointiin (esim. tunnelilouheen hyöty-
käyttö täytöissä). Tässä olennaisena näkökohtana on alueen muun rakenta-
misen aikataulutuksen metron rakentamiseen
 - Yhtä lailla maankäytön näkökulmista pintarata-kalliotunneli –vaihtoehdon
kokonaisoptimointi vapautuvana tonttimaana tarjoaa näkökulman kustan-
nusten kokonaisoptimointiin metron rakentamiskustannusten osaoptimoin-
nin sijaan
 - maanpäällisten ratkaisujen osalta kustannuksissa on tällä hetkellä huomioitu
vain perustamistapa nykyisiin maaperäolosuhteisiin, sillä tulevaisuuden ja
etenkin metron rakentamishetkenä sitä ympäröivän rakennuskannan laa-
juutta ei ole tällä hetkellä tiedossa. Tällä saattaa olla vaikutuksia metron ra-
kentamisen kustannuksiin.

Kaikkien linjojen rakentamisen kustannusten arvioissa kustannusarvioiden epävarmuudet ovat
samaa suuruusluokkaa johtuen pääasiallisesti maa- ja kallioperätietojen tarkkuudesta.