

## Östersundomin metron rakennettavuus- ja kustannustarkastelu Pohjoinen linjaus

30.12.2016

**SITO OY**

**OSOITE** Tuulikuja 2, 02100 Espoo  
**KOTIPAIKKA** Espoo  
**Y-TUNNUS** 2335445-0

**PUHELIN** 020 747 6000  
**FAKSI** 020 747 6111

**SÄHKÖPOSTI** etunimi.sukunimi@sito.fi  
**KOTISIVUT** www.sito.fi

## Sisällys

1. Esipuhe.....	3
2. Yleistä.....	3
3. Metrolinjan tekniset ratkaisut .....	4
3.1 Poikkileikkaukset ja rakenteet .....	4
3.1.1 Kalliotunneli .....	4
3.1.2 Betonitunneli.....	5
3.1.3 Sillat.....	6
3.1.4 Avorataosuus .....	6
3.1.5 Asemat .....	6
4. Metrolinjojen maa- ja kallioperäolosuhteiden kuvaus .....	7
5. kustannusarviot.....	9
5.1 Kustannusperusteista .....	9
5.2 Linjauksen kustannukset .....	11
5.3 Vertailua vuoden 2014 yleiskaavavaihtoehdotuksen kustannuksiin .....	11
6. Metron liikennöinti- ja kunnossapitokustannukset .....	12
7. Kustannusvaikutukset metron käyttäjille .....	14
8. Linjan tarkastelua.....	14

## 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:

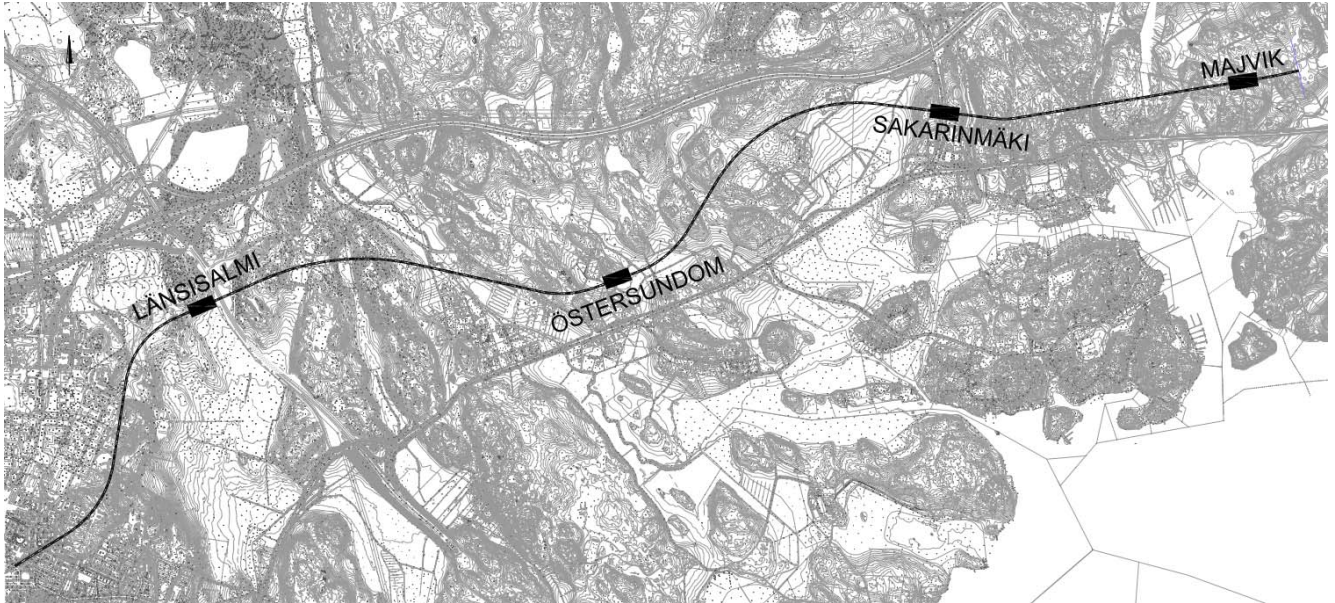
Jukka Pöllä  
Kalle Hollmén  
Ulla Sipola  
Teuvo Leskinen  
Elina Marttila

## 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 olisi viisi metroasemaa: Länsisalmi, Salmenkallio, Östersundom, Sakarinmäki ja Majvik. Näistä yleiskaavaehdotukseen valitun linjauksen kokonaispituus oli 9,4 km ja kustannusarvio 631 M€.

Tässä tarkastelussa on tutkittu pohjoisempaa vaihtoehtoa, joka kiertää Natura-alueen. Linjauksen pituus on n. 9,2 km ja sillä on neljä metroasemaa, joista pääteasema Länsisalmi on sillalla, Östersundom sekä Sakarinmäki betonitunnelissa ja Majvik kalliotunnelissa.



Kuva 1. Tutkittu linjaus.

### 3. METROLINJAN TEKNISET RATKAISUT

#### 3.1 Poikkileikkaukset ja rakenteet

##### 3.1.1 Kalliotunneli

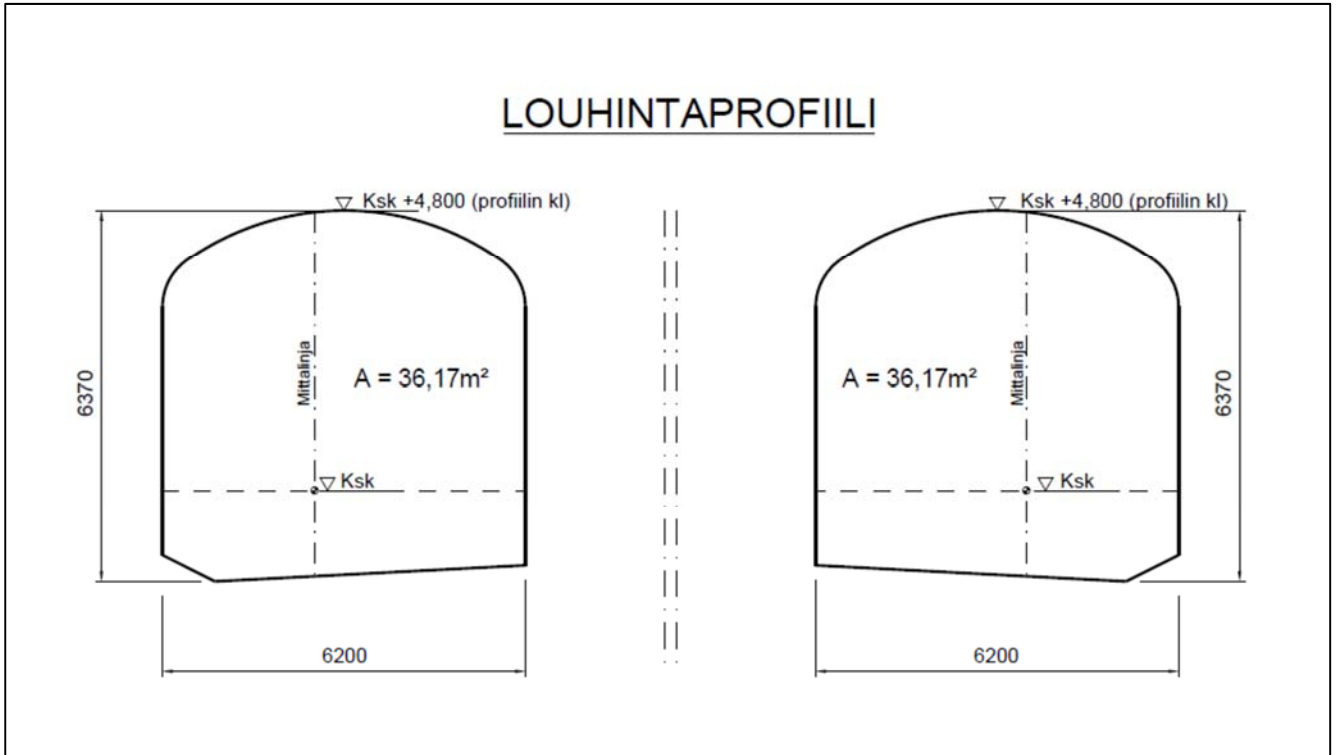
Kalliotunnelin poikkileikkausprofiili on Länsimetrossa käytetyn mukainen (kuva 2). Tunnelin lujitus ja injektointi riippuu vallitsevista kallio-olosuhteista. Olosuhteet on jaoteltu kalliorakentamisen näkökulmasta normaaleihin, vaativiin ja erittäin vaativiin.

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 2. Metrotunnelin louhintaprofiili.

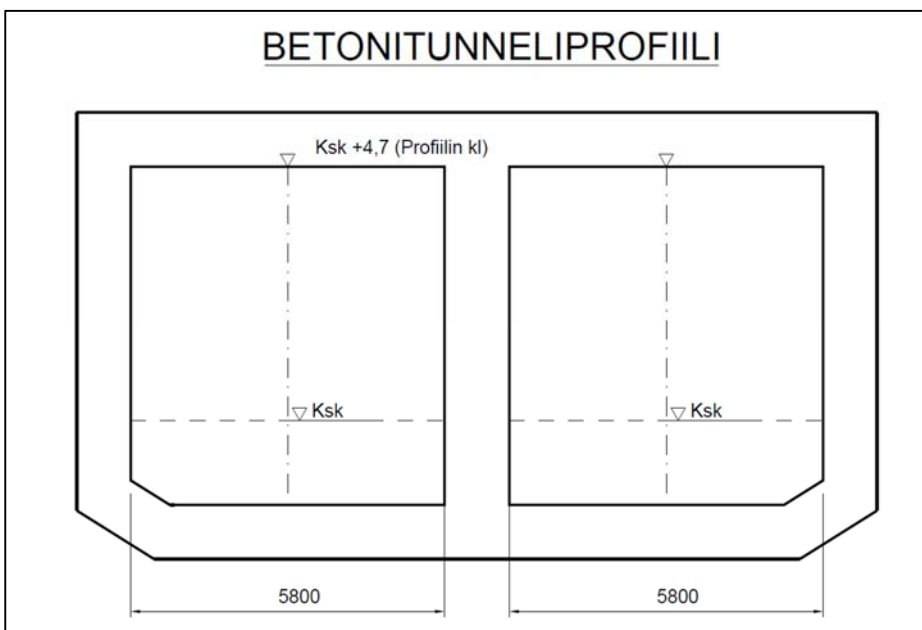
### 3.1.2 Betonitunneli

Betonitunnelin poikkileikkaus on esitetty kuvassa 3. 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 3. 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 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

##### **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 – 480 kalliotunneli**

Noin paalulta 350 eteenpäin ratatunnelia louhitaan uutena kalliotunnelina, jonka lähellä on kääntöraide ja väestönsuoja. Olemassa olevien kalliotilojen läheisyydessä suoritettava louhinta tulee suunnitella erikseen. Noin paalulta 480 eteenpäin louhinnassa ei enää tarvitse huomioida muita olemassa olevia kalliotiloja.

##### **Paaluväli 480 – 1275 kalliotunneli**

Paaluvälillä 480 – 1245 louhinta on normaalia tunnelilouhintaa, eikä tällä välillä ole tietoa erityisistä heikkousvyöhykkeistä, painanteista tai muista tekijöistä jotka hidastaisivat tai vaikeuttaisivat louhintaa. Kalliokatto tunnelilinjalla on pääasiassa yli kymmenen metriä.

##### **Paaluväli 1275 – 1345 kalliotunneli**

Paaluvälillä 1275 -1345 kalliossa painanne, joka viittaa ruhjevyyhykkeeseen. Kattopaksuus ohuimmillaan arviolta 7 m. Osuuden louhinta arvioitu erittäin vaativaksi.

##### **Paaluväli 1345 – 1510 kalliotunneli**

Paaluvälillä 1345 – 1510 louhinta on normaalia tunnelilouhintaa, eikä tällä välillä ole tietoa erityisistä heikkousvyöhykkeistä, painanteista tai muista tekijöistä jotka hidastaisivat tai vaikeuttaisivat louhintaa. Kalliokatto tunnelilinjalla on pääasiassa 8 - 10 metriä.

Suuaukoilla kallio-otsan korkeus on noin 6 metriä.

##### **Paaluväli 1510 – 1990 betonitunneli**

Paaluvälillä 1510 -1990 rata kulkee betonitunnelissa. Betonitunneli rakennetaan kallio pohjaiseen kaivantoon.

##### **Paaluväli 1990 – 2150 Länsisalmen asema sillalla**

Paalulla 1990 rata siirtyy sillalle, jolla on Länsisalmen asema. Kallion pinta laskee aseman länsipäästä itäpäähän ainakin n. 20 m.

##### **Paaluväli 2150 – 2330 silta**

Paalulla 2150 rata jatkuu siltana paalulle 2330. Etäisyys kovaan pohjaan on n. 15 – 20 m ja siltapilareiden korkeus n. 8 – 10 m

##### **Paaluväli 2330 – 2350 betonitunneli**

Paaluvälillä 2330 – 2350 on lyhyt betonitunneli ennen kalliotunnelia.

##### **Paaluväli 2350 – 2636 kalliotunneli**

Paaluvälillä 2350 – 2636 on kalliotunneli. Louhinta on normaalia tunnelilouhintaa, eikä tällä välillä ole tietoa erityisistä heikkousvyöhykkeistä, painanteista tai muista tekijöistä jotka hidastaisivat tai vaikeuttaisivat louhintaa.

Kalliokatto tunnelilinjalla on pääasiassa 8 - 10 metriä ja otsien kohdalla n. 6 m.

**Paaluväli 2636 – 2925 betonitunneli**

Paalulla 2636 rata siirtyy betonitunneliin, joka voidaan rakentaa kallioon louhittuun kaivantoon.

**Paaluväli 2925 – 3054 silta**

Paaluvälillä 2925 – 3054 rata kulkee sillalla. Kova pohja on yli 15 m:n syvyydessä.

**Paaluväli 3054 – 3244 kalliotunneli**

Paalu välillä 3054 – 3244 on lyhyt kalliotunneli. Tunnelilinjasta etelään n. 12 m kalliopaljastumien väliin tehdyn porakonekairauksen mukaan paalun n. 3150 kohdalla kalliokaton paksuus on alle 5 m. Kohta vaatii tarkemmat tutkimukset.

**Paaluväli 3244 – 3410 betonitunneli**

Paaluvälillä 3244 – 3410 rata kulkee kalliokaivantoon rakennetussa betonitunnelissa.

**Paaluväli 3410 – 3599 pintarata**

Paaluvälillä 3410 – 3599 rata kulkee pintaratana. Rata perustetaan paalulaatalle, kova pohja on n. 20 m:n syvyydessä.

**Paaluväli 3599 – 3642 silta**

Paaluvälillä 3599 – 3642 rata ylittää sillalla kapean ”jokiومان”, jonka kohdalla kova pohja on n. 15 - 20 m:n syvyydessä.

**Paaluväli 3642 – 3795 pintarata**

Paaluvälillä 3642 – 3795 rata kulkee pintaratana. Rata perustetaan paalulaatalle, kova pohja n. 15 - 20 m:n syvyydessä.

**Paaluväli 3795 – 4580 betonitunneli**

Rata kulkee betonitunnelissa paalulta 3795 paalulle 4580. Tällä välillä betonitunneli voidaan perustaa kovan pohjan tai kallion varaan. Välillä plv. 4200 – 4300 ratalinja sijoittuu rinteeseen.

**Paaluväli 4580 – 4740 Östersundomin asema betonitunnelissa**

Paaluvälille 4580 – 4740 sijoittuu Östersundomin asema. Aseman alueella on savikerros, jonka alapinta on tasauksen alapuolella. Aseman laituritason alapuoliset rakenteet ulottuvat kuitenkin kovaan pohjaan asti.

**Paaluväli 4740 – 5185 betonitunneli**

Paaluvälillä 4740 – 5185 rata on betonitunnelissa. Välillä 4740 – 5070 rata voidaan perustaa esim. alle 10 m porapaaluilla. Paalulta 5070 maanpinta nousee jyrkästi samalla kun rata laskee alaspäin. Kaivannon syvyys suurimmillaan n. 20 m. Betonitunneli voidaan perustaa kallion varaan.

**Paaluväli 5185 – 6111 kalliotunneli**

Paalulla 5185 rata siirtyy betonitunnelista kalliotunneliin. Välillä plv 5185 – 5395 kalliotunneli on rakennettavuudeltaan normaali. Välillä plv. 5395 – 5423 on tutkimusten perusteella odotettavissa ruhjevyyhyke, jossa kalliokaton paksuus on n. 7 m. Paalulta 5423 paalulle 6111 kalliotunneli on normaalisti louhittavaa.

**Paaluväli 6111 – 6184 betonitunneli**

Paaluvälillä 6111 – 6184 rata on kovalle pohjalle perustetussa betonitunnelissa.

**Paaluväli 6184 – 6536 pintarata**

Kalliotunnelin jälkeen paalulta 6184 rata nousee kallioleikkauksessa pintaratana penkereelle paalulla 6232, jonka jälkeen rata jatkuu paalulaatalle perustettuna pintaratana paalulle 6536.

**Paaluväli 6536 – 6896 silta**

Paalulta 6536 paalulle 6896 rata on sillalla. Paalupituus luokkaa 10 m.



### **Paaluväli 6896 – 6990 betonitunneli**

Paalulta 6896 paalulle 6990 rata kulkee betonitunnelissa, joka voidaan perustaa kovalle pohjalle. Osuudesta voitaisiin rakentaa n. 50 m kalliotunnelina, mutta paalulta 6990 alkavan aseman vuoksi kalliomäki todennäköisesti tasataan.

### **Paaluväli 6990 – 7160 Sakarinmäen asema betonitunnelissa**

Sakarinmäen asema sijoittuu betonitunneliin Knutersintien alle paaluvälillä 6990 – 7160. Tunneliasema voidaan perustaa kovalle pohjalle.

### **Paaluväli 7160 – 7207 betonitunneli**

Paaluvälillä 7160 – 7207 oleva betonitunneli perustaa kovalle pohjalle.

### **Paaluväli 7207 – 7296 silta**

Paaluvälillä 7207 – 7296 rata on sillalla. Paalupituus on noin 15 m.

### **Paaluväli 7296 – 9241.76 kalliotunneli**

Paaluvälillä 7296 – 8810 ratalinja on kalliotunnelissa. Kallionpinnasta ei ole tarkkaa tietoa, mutta paalujen 7790 ja 8550 alueilla olevien maanpinnan painanteiden alueilla on luultavasti ruhjevyyhykkeitä.

Paaluvälillä 8810 – 8980 on Majvikin asema kalliotunnelissa. Aseman ympäristössä tullaan todennäköisesti tekemään tasausta ja tasauksessa on otettava huomioon asemalle vaadittava kattopaksuus.

Aseman jälkeen on plv. 8980 - 9080 raiteenvaihtohalli. Hallin itäosan alueella on mahdollisesti ruhjealue, koska kallion pinta laskee pl. 9030 ... 9040 alueella.

Kääntöraiteet sijoittuvat paaluvälille 9080 – 9241.76. Ne voidaan rakentaa normaalisti.

Paaluvälillä pystygeometriaa on mahdollista muuttaa jossakin määrin, mikäli tarkemmissa tutkimuksissa kallion pinta osoittautuu olevan niin syvällä, että kattopaksuudet eivät nykyisellä tasauksella ole riittäviä.

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.

## **5. KUSTANNUSARVIOT**

### **5.1 Kustannusperusteista**

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

Kalliotunneleiden louhinta tehdään ratatunneleiden päistä käsin, jolloin erillisiä ajotunneleita ei tarvita muualla kuin Majvikissa. Majvikin ajotunnelin pituudeksi on arvioitu 150 metriä. Sakarinmäki – Majvik välille tarvitaan pystykuilu, kuilun hinta on mukana kalliotunnelin metrikustannuksissa. Majvikin ajotunneliin ei ole tehty indeksikorjausta vaan kustannuksena on käytetty vuoden 2014 kustannusarvioita 500 000 €. Louheen kuljetuskustannukset on pidetty samana kuin vuonna 2014.

Käytetyt yksikköhinnat ovat:

Maku 2010 =100				muutos	
Maku 5/2014	112.7	Maku 8/2016	108.6	0.964	
<b>Yksikköhinnat:</b>		<b>5/2014</b>	<b>ratasähkö</b>	<b>8/2016</b>	<b>ratasähkö</b>
<b>Osa</b>	<b>Olosuhde</b>	<b>€/m</b>	<b>€/m</b>	<b>€/m</b>	<b>€/m</b>
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	kpl	60 973	kpl
Silta m2-hinta					
Rata sillalla	normaali	2 000		1 927	
	vaativa	2 500		2 409	
	eritt.vaativa	5 000		4 818	
<b>Ei indeksikorjausta</b>					
Majvikin ajotunneli		500 000		500 000	
Louheen kuljetus		1 €/km/m3		1 €/km/m3	

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

Kustannukset on esitetty verottomina (alv. 0 %).

## 5.2 Linjauksen kustannukset

Linjauksen kustannukset ovat noin 760 M€, jakautuen seuraavasti:

Rakennusosa	Pituus m	€
Uutta betonitunnelia	2 399	199 421 860
Asemat betonitunnelissa	330	66 778 882
Kalliotunnelia	4 338	138 107 118
Kallioasemat	170	48 181 012
Raiteenvaihtohalli	100	6 097 300
Siltaa	801	37 113 021
Asema sillalla	160	6 648 980
Pintarataa	694	15 844 072
Vanhat rakenteet	250	3 000 000
Louheen kuljetus 5 km		1 964 369
Ajotunneli Majvikissa		500 000
<b>Yhteensä</b>	<b>9 242</b>	<b>523 655 902</b>
Suunnittelu ja rakennuttaminen	15 %	78 548 385
		602 204 287
Suunnittelu-, urakointi ja riskivaraus	35 %	210 771 501
<b>YHTEENSÄ</b>		<b>812 975 788</b>
metrikustannus	€/m	87 968
<b>Tunnelilouhe</b>		
Tunnelilouhetta m <sup>3</sup>		357 158
Yhdystunnelit yms.	10 %	35 716
Louhetta yht. m <sup>3</sup>		392 874
Kuljetuskust. 5 km		1 964 369

## 5.3 Vertailua vuoden 2014 yleiskaavavaihtoehdotuksen kustannuksiin

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen 9420 m pitkän linjauksen kustannusarvio oli 631 M€ ja metrikustannus oli 67 000 €/m.

Tässä tutkitun pohjoisen vaihtoehdon kustannusarvio on 813 M€ ja metrikustannus n. 88 000 €/m. Vaihtoehto on n. 183 M€ kalliimpi ja metrikustannus n. 23 000 € suurempi kuin vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjauksessa, jossa betonitunnelia oli n. 540 m ja pintarataa n. 1200 m. Nyt tutkitussa pohjoisessa vaihtoehdossa kallista betonitunnelia on n. 2400 m eli n. 1900 m enemmän ja metrikustannuksiltaan suhteellisen halpaa pintarataa n. 600 m, mikä on puolet vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjauksessa.

## 6. METRON LIKENNÖINTI- JA KUNNOSSAPITOKUSTANNUKSET

### Vertailun lähtökohdat

Joukkoliikennejärjestelmien liikennöintikustannuksia arvioidaan pääkaupunkiseudulla yleisesti laskentatavalla, missä 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).

Östersundom – Majvik metroradalle ei ole vielä käytettävissä tarkkaa liikennöintisuunnitelmaa, 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 osuudelle Mellunmäki – Sakarinmäki aiemmissa selvityksissä tehtyjen liikennöintisuunnitelmien pohjalta.

### Liikennöintikustannukset keskiarvokustannuksilla arvioituna

Liikennöintikustannusten keskiarvona on käytetty HKL:n ilmoittamaa 1,67 €/vaunukm, 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.

Vertailukustannukset ovat tällöin Mellunmäki – Majvik osuudella seuraavat:

	<i>Linjapituus km</i>	<i>Linjakilometrit milj. km/vuosi</i>	<i>Kustannus M€/vuosi</i>
<i>Pohjoinen linjaus</i>	9,240	1,087	7,259
<i>Yleiskaavaehdotuksen 2014 linja</i>	9,410	1,107	7,392

Nyt tutkittu pohjoinen ratalinjavaihtoehto säästää näin arvioituna liikennöintikustannuksissa 0,13 miljoonaa euroa vuodessa verrattuna vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjaukseen.

Tämä laskentatapa perustuu oletukseen, että linjan lyhenemisestä saatava ajoajan säästö voidaan myös hyödyntää täysimääräisesti automaattimetrolla nopeampina aikatauluina ja kalustokiertoa.

### Kustannusvaikutuksia eriteltynä aiempien selvitysten perusteella

Uuden, pohjoisen linjausvaihtoehdon vaikutuksia metron liikennöintikustannuksien eri osatekijöihin on eritelty tässä alustavasti käyttäen lähtökohtana vuonna 2013 laaditussa itäisen metrokäytävän esiselvityksessä arvioituja Tapiola – Majvik metrolinjan liikennöintikustannusarvioita. Liikennöintikustannukset oli arvioitu mainitussa selvityksessä seuraavista lähtökohdista:

- linjapituus Tapiola – Majvik 36,1 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 suuntaansa.

Tapiola – Majvik linjan liikennöintikustannuksiksi voi arvioida näillä perusteilla:

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

Näin laskettu vertailukustannus on linjakilometriä kohden kahden yksikön junalle 6,56 € eli 1,64 €/vaunukm eli arvio on suhteellisen lähellä edellä käytettyä HKL:n ilmoittamaa metron keskiarvokustannusta (1,67 €/vaunukm).

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen mukaisen linjauksen ja tässä tutkitun pohjoisen linjauksen vertailupituudet ja matka-ajat välillä Mellunmäki - Sakarinmäki ovat seuraavat. Matka-aikavertailu on tehty vuoden 2014 selvityksen tapaan vain Mellunmäki – Sakarinmäki välille, missä linjausvaihtoehdoilla on merkittävimmät erot ratalinjan pituudessa ja asemien määrässä.

	<i>Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus</i>	<i>Pohjoinen linjaus</i>
<i>Vertailupituus Mellunmäki - Sakarinmäki (ilman kääntö- raidetta ) km</i>	<i>7,240</i>	<i>7,110</i>
<i>Matka-aika (min.)</i>		
- <i>Ajoaika (liikkeessäoloaika)</i>	<i>11,87</i>	<i>11,38</i>
- <i>Aika asemilla</i>	<i>1,60</i>	<i>1,33</i>
<i>Yhteensä</i>	<i>13,47</i>	<i>12,71</i>

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjauksen kustannus selvityksessä arvioiduissa linjausvaihtoehdossa metron pysähdykset olivat kaikilla linjauksilla samat. Tässä tutkitulla pohjoisella linjauksella on yksi asema vähemmän.

Vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksessa esitettyyn linjaan verrattuna pohjoisen linjan pituus lyheni tällä osuudella 0,13 km ja matka-aika 0,8 minuuttia.

Jos aikatauluissa hyödynnettäväksi säästökseen arvioidaan 0,5 minuuttia/vuoro, muodostuu tästä säästöä noin 1 150 tuntia vuodessa eli linjatuntikustannuksina noin 60 000 euroa vuodessa.

Linjakilometrit vähenevät noin 20 000 kilometrillä vuodessa eli kilometrikustannuksiin säästöä muodostuu noin 40 000 euroa vuodessa.

Tutkitulla pohjoiselle linjauksella linjan kiertoaika lyhenee vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjaukseen verrattuna noin 0,6 %. Jotta ruuhka-aikana tarvittavasta kalustosta (25 junaa) voitaisiin vähentää junia ja säästää vuoropäiväkustannuksissa, tulisi ajoajan lyhenemä olla vähintään noin 4 % eli selvästi enemmän. Vuoropäiväkustannukset eivät näin arvioituna vielä pieneneisi.

Näin arvioituna linjan lyhenemisestä muodostuisi liikennöintikustannuksissa säästöjä noin 0,1 miljoonaa euroa vuodessa eli samaa suuruusluokkaa kuin edellä keskiarvokustannuksilla arvioituna.

Kuten edellä todettiin, automaattimetrolla liikennöitäessä linjan ja ajoajan lyhenemisestä voidaan todennäköisesti hyötyä enemmänkin.

### Kunnossapitokustannukset

Kunnossapitokustannuksena on käytetty 54 €/vuosi/raidemetri, jolloin kunnossapitokustannusten vertailukustannukset ovat vuoden 2014 kustannusselvityksen vaihtoehdossa 1,02 milj.€/vuosi ja tutkitulla pohjoisella linjauksella 1,00 milj.€/vuosi.

Kunnossapitokustannukset sisältävät myös kunnossapitokaluston pääomakustannukset ja huoltovarikon kustannukset.

Radan kunnossapitokustannusten osalta ei tehdä eroa tunnelin ja avorataosuuden välillä, koska tunnelit ovat kohtuullisen lyhyitä. Avorataosuudella on talvella kunnossapitotöitä enemmän, mutta tunnelissa on sen tekniikkaan liittyvää kunnossapittoa. Suoran ja kaarevan radan kunnossapidossa on kustannuseroja, mutta tässä tarkastelussa ei ole määriteltä eroa suoran ja kaarreradan kunnossapitokustannuksille.

## 7. Kustannusvaikutukset metron käyttäjille

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

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

Linjan lyhenemisestä ja yhden asemapysähdyksen poistumisesta muodostuva matka-aikakustannusten ero verrattuna vuoden 2014 yleiskaavaehdotuksen linjaukseen on näillä oletusarvoilla seuraava:

<i>Aikakustannus metromatkan osalta</i>	<i>Yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaus</i>	<i>Pohjoisen linjaus</i>
<i>minuutteja junassa</i>	<i>11,87</i>	<i>11,38</i>
<i>matka-aika/vrk (h)</i>	<i>3086</i>	<i>2959</i>
<i>Aikakustannus M€/vuosi</i>	<i>11,04</i>	<i>10,58</i>
<i>Säästö verrattuna yleiskaavaehdotuksen 2014 linjaukseen M€/v</i>		<i>0,46</i>

## 8. LINJAN TARKASTELUA

Jatkossa huomioitavia kohtia ovat mm.

- Välillä 0 – 480 olemassa olevat rakenteet ja kalliotilat, koska lähtö Mellunmäen raiteenvaihdosta on lukittu.

- Betonitunneliin tehtävien asemien ympäristön tasausta tulisi harkita siten, että syviltä kaivannoilta vältyttäisiin.
- Tasauksen todellisia muutosmahdollisuuksia sekä niiden aiheuttamia kustannusvaikutuksia on vaikea arvioida kallioinnin korkeusasemaa koskevien tietojen vähäisyyden vuoksi, esim. paaluvälillä n. 4100 - Östersundomin asema saattaisi linjan siirrolla pohjoisemmaksi olla mahdollista tehdä osa ko. välistä kalliotunnelissa. Muutoksella on ilmeisesti vaikutuksia Östersundomin aseman sijaintiin ja suuntaan
- Kallioinnin merkitys painanteissa ja tunnelien suuaukkojen sijoittamisessa vaikuttaa sekä kalliotunneleiden että betonitunneleiden pituuksiin ja kustannuksiin merkittävästi.

Koko metrolinjan sijoittamisella syväälle kalliotunneliin vältyttäisiin pitkiltä betonitunneliosuuksilta. Kallioinnin vuoksi metrolinja jouduttaisiin sijoittamaan syväälle.

- Länsisalmen aseman jälkeen on kallioinnin, jonka vuoksi syväällä olevan kallioinnin laituritaso olisi noin -30 eli 40 m yllä olevan maanpinnan alapuolella. Aseman yhteydet maanpintaan jouduttaisiin itäpäässä tuomaan yli 10 m paksujen savikerrosten lävitse.
- Paalulla 3540 on syvä painanne, jossa kallion pintaa ei porakonekairauksissa ole pystytty varmistamaan, vaan kairaukset ovat päättyneet tasoon n. -20, tosin kairaukset ovat linjan sivussa. Tämän kohdan alituksessa radan tasaus olisi vähintään tasolla -35.
- Östersundomin aseman laituritaso olisi vähintään -25 eli 35 m maanpinnan alapuolella. Kaikki yhteydet maanpintaan olisi tuotava n. 10 m paksujen savikerrosten lävitse.
- Sakarinmäen aseman länsi- ja itäpuolella olevien painanteiden vuoksi aseman laituritaso sijoituisi vähintään tasolle n. -25. Maanpinnan ollessa tasossa n. +15 ... +20 olisi asema noin 40 ... 45 m:n syvyydellä.
- Sakarinmäen itäpuolisen painanteen jälkeen olisi mahdollista nousta Majvikin aseman tasolle -1,5.

Kokonaan kallioon sijoitetussa tunnelissa kulkevan metrolinjan kustannus olisi luokkaa 870 M€ (neljä kallioasemaa; kaksi raiteenvaihtohallia, 6 ajotunnelia, joista 5 olisi pituudeltaan ja kustannuksiltaan kaksinkertaiset Majvikin ajotunneliin verrattuna). Ratalinjan ja perusasemien kustannukset ovat noin 740 M€, pitkien teknisten kuilujen (1 kpl/km) ja pitkien syväältä kallioinnin savikerrosten lävitse maanpintaan tulevien yhteyksien aiheuttamat lisäkustannukset ovat n. 130 M€. Asemien syvyyden takia matka-ajat myös kasvavat.