

YHT-001

Länsiväylän kalliotunneli

26.1.2023

Helsinki

Sisällysluettelo

1. YLEISTÄ	4
HANKKEEN KESKEINEN SISÄLTÖ	4
TYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	4
SUUNNITTELURYHMÄ	6
2. SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	7
SELVITYKSEN PERUSTANA OLEVAT SUUNNITELMAT, LÄHTÖTIEDOT, OHJEET JA VAATIMUKSET	7
SUUNNITTELUALUE	7
Kaupunkirakenne ja olemassa olevat sekä suunnitteilla olevat maanalaiset tilat.....	8
Suunnittelualueen geologia ja kallioperän topologia	10
Pohjaolosuhteet	12
Pohjavesi	13
Tulvasuojelu.....	14
Tärkeät luontokohteet ja kulttuuriympäristöt.....	16
3. TEKNISET SUUNNITTELUPERUSTEET	19
TIETUNNELI	19
PYSTYKUILUT	19
4. SUUNNITTELURATKAISUT	20
TIETUNNELIT	20
Yleistä	20
Vaihtoehto 1a.....	21
Vaihtoehto 1b.....	23
Muut tutkitut linjausvaihtoehdot	25
Kalliotunnelit.....	26
Pystykuilut.....	27
Ajotunneli	27
Tunneleiden suojavyöhykkeet ja vaikutukset kaupunkirakenteeseen	28
RAKENNUSTEKNISET RATKAISUT	30
Noudatettavat määräykset ja ohjeet rakennesuunnittelussa	30
Betonitunnelit	31
Avokaukalot	32
Ramppitunneleiden betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet	33
Pystykuilujen rakenteet.....	34
POHJARAKENTEET	34
Maakaivantojen tukeminen	34
Kuilukaivannot	35
5. KATU- JA LIIKENNEJÄRJESTELYT	36
TUNNELIN LIIKENNETEKNINEN MITOITUS	36
KAISTAJÄRJESTELYT	36

GEOMETRIA	37
LIIKENNEJÄRJESTELYT	38
MUUT TUTKITUT LIIKENNEJÄRJESTELYT	39
6. TEKNISET JÄRJESTELMÄT	40
LÄMMITYS JA JÄÄHDYTYS	40
VESI, VIEMÄRI JA PALOVESI	40
ILMANVAIHTO JA SAVUNPOISTO	41
Ilmanvaihdon toiminta	41
Savunpoiston toiminta	42
RAKENNUSAUTOMAATIO	42
SÄHKÖ-, TELE-, TURVA- JA VALAISTUS	42
Sähkönjakelu	42
Valaistus	43
Paloilmoitinjärjestelmä	43
Hätäpuhelinjärjestelmät	43
Yleiskaapelointijärjestelmät	43
Matkapuhelinverkko	43
Kenttäpuhelinverkko	43
VIRVE-verkko	43
Kuulutusjärjestelmä	44
7. TYÖNAIKAISET JÄRJESTELYT	44
8. VAIHTOEHTOJEN VERTAILU	46
VAIHTOEHTOJEN PERUSTIEDOT	46
TEKNIS-LIIKENTEELLINEN VERTAILU	47
JOHTOPÄÄTÖKSET LINJAUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILUSTA	47
9. KUSTANNUSARVIO	48
LÄHTÖKOHDAT	48
KOKONAISHINNAN MUODOSTUMINEN	49
ARVIO MAANALAISTEN TILOJEN RAKENTAMISKUSTANNUKSISTA	50
JOHTOPÄÄTÖKSET KUSTANNUSARVIOSTA	50
10. PÄÄSTÖLASKENTA	51
LÄHTÖKOHDAT	51
PÄÄSTÖLASKENNAN TULOS	51
JOHTOPÄÄTÖKSET PÄÄSTÖLASKENNASTA	53
11. JATKOTOIMENPITEET JA -TUTKIMUSTARPEET	54
JATKOSUUNNITTELUN TEHTÄVIÄ	54
TUTKIMUSTARVE	54
Maaperätutkimukset	54
Kalliotutkimukset	54
12. YHTEENVETO	55
13. LIITTEET	56

1. Yleistä

Hankkeen keskeinen sisältö

Hankkeessa on laadittu toteutettavuus selvitys Länsiväylän siirtämisestä kalliotunneliin Lauttasaaren kohdalla. Länsiväylän siirtäminen kalliotunneliin vapauttaa tilaa maanpäältä muulle maankäytölle.

Kalliotunnelista on laadittu kaksi vaihtoehtoa: 1a) Kalliotunneli välillä Koivusaari - Lapinlahden silta ilman liittymätunneleita ja 1b) Kalliotunneli välillä Koivusaari – Lapinlahden silta sisältäen Lemissaaren länsiliittymät Länsiväylälle. Lisäksi on periaatetasolla tarkasteltu vaihtoehtoa 2, jossa kalliotunneli lähtee Koivusaaresta ja nousee maanpintaan ennen Lemissaarentietä. Nykyiset Länsiväylän Lemissaaren liittymät itään ja länteen pysyisivät vaihtoehdossa 2 ennallaan.

Tässä työssä on selvitetty Länsiväylän tunnelin toteuttamisedellytykset Länsiväylän ympäristön osayleiskaavan yhteydessä laaditun maankäyttöskenaarion 3 mukaisesti. Suunnitelma on laadittu tilavaraussuunnitelman tarkkuustasolla.

Suunnitelmien lisäksi työssä on laskettu kustannusarviot ja CO₂-päästöt tutkituille vaihtoehdoille 1a ja 1b Fore-kustannuslaskentaohjelmalla.

Työn tausta ja tavoitteet

Helsingin kaupunki valmistelelee Länsiväylän ympäristön osayleiskaavaa. Osayleiskaavoitus on tullut vireille vuonna 2022. Länsiväylän ympäristön mahdollisista kehityssuunnista on laadittu neljä erilaista skenaariota. Tässä selvityksessä tarkastellaan skenaariota 3, jossa Länsiväylän alue toimii keskustan urbaanina jatkeena ja Länsiväylä on siirretty Lauttasaaren kohdalla kulkemaan maanalaisessa tunnelissa (Kuva 1.1). Pikaraitiotie, Lauttasaaren alueiden paikallinen ajoneuvoliikenne ja baana ovat katutasossa erillään tunnelista. Alueen kasvava asukas- ja työpaikkamäärä luovat mahdollisuuksia uusille palveluille. Osa uusista rakennuksista rakennetaan uusille meritäyttöalueille.

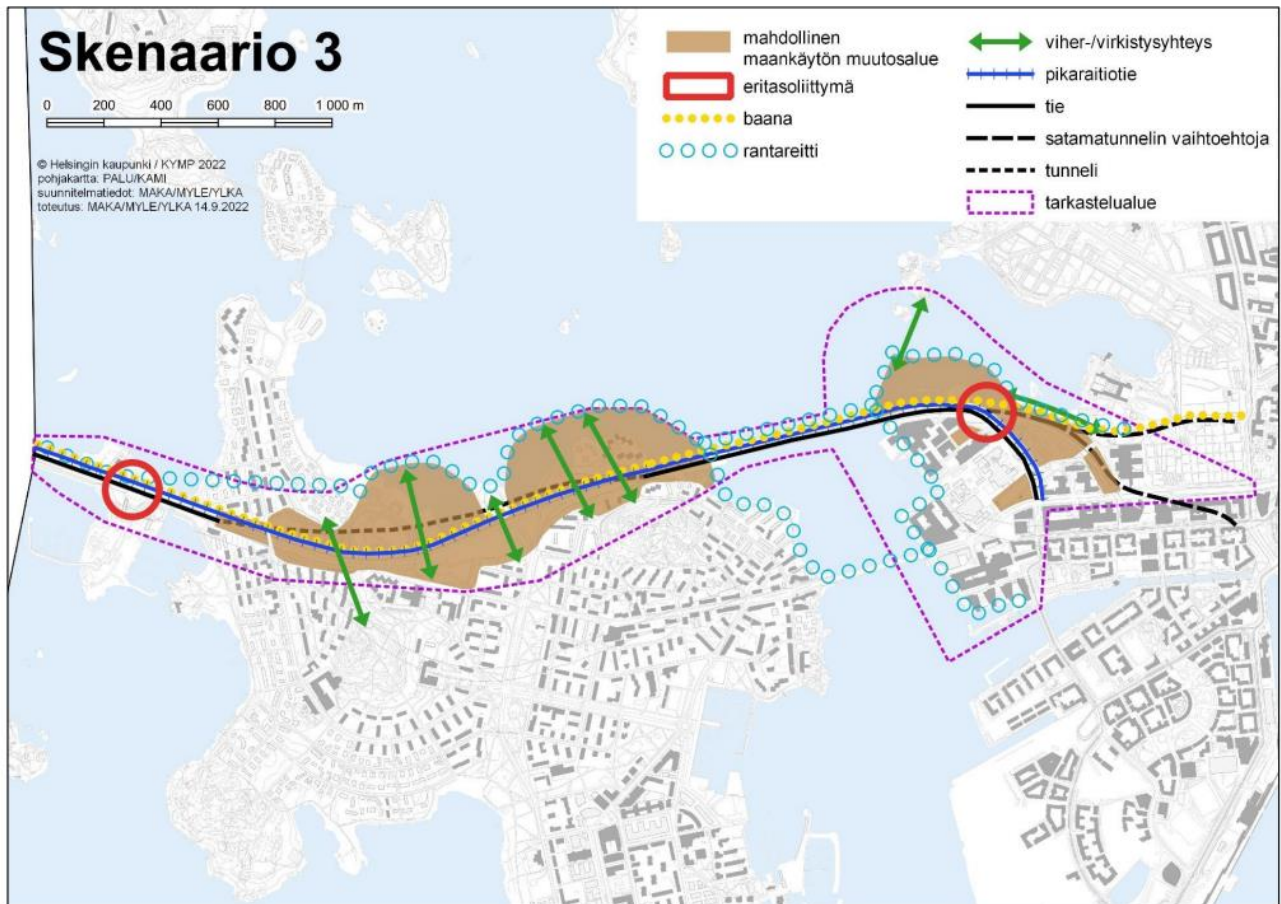
Minkään tarkastellun skenaarion ei ole ajateltu toteutuvan sellaisenaan, vaan skenaarioilla tutkitaan eri osien ja ratkaisujen vaikutuksia. Vaikutusten arvioinnin pohjalta voidaan tehdä johtopäätökset varsinaisen osayleiskaavaluonnoksen laatimiseksi. Eri skenaarioista on tarkoitus valita osia ja ratkaisuja osayleiskaavaluonnoksen pohjaksi ja kehittää niitä edelleen. /Lainaus *www.sivulta:*

<https://www.hel.fi/fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/kaupunkisuunnittelu-ja-rakentaminen/hae-suunnitelmia-ja-hankkeita/lansivaylan-ympariston-oyk/>

Skenaariot eroavat toisistaan Länsiväylän väyläratkaisun ja sallitun ajonopeuden sekä maankäytön muutosalueiden laajuuden suhteen. Maankäytön muutosalueet voivat sisältää myös muuttumattomia osia. Skenaarioissa on hahmoteltu mm. viher- ja virkistysyhteyksiä, rantareittiä, baanaa, liikennejärjestelmiä, liittymiä sekä asumisen ja toimitilan määrää karkealla tasolla. Kaikille skenaarioille on yhteistä, että Koivusaaren oletetaan rakentuvan laaditun asemakaavan mukaisena, Katajaharjun eritasoliittymä poistuu ja Länsisatamasta on rakennettu Satamatunneli, joka johtaa Länsiväylälle. Näitä asioita ei ratkaista Länsiväylän ympäristön osayleiskaavassa. Kaikissa

skenaarioissa uusien rakentamisaalueiden rannat ovat julkisia. /Lainaus www.sivulta:

<https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/kaupunkisuunnittelu-ja-rakentaminen/hae-suunnitelmia-ja-hankkeita/lansivaylan-ympariston-oyk/>



Kuva 1.1 Länsiväylän ympäristön osayleiskaavan skenaario 3. (Lähde: www.hel.fi)

Tämän selvityksen tavoitteena oli selvittää Länsiväylän siirtämistä kalliotunneliin Lauttasaaren kohdalla. Selvityksessä tarkasteltiin maanalaisen tietunnelin suuaukkojen sijaintia, tietunnelin linjausta sekä mahdollisia liittymärampeja Länsiväylän nykyisen Lemissaaren eritasoliittymän kohdalla.

Länsiväylän kalliotunnelista tarkasteltiin kaksi vaihtoehtoa. Vaihtoehto 1a sisältää Koivusaaren ja Lapinlahden sillan välille rakennettavan kalliotunnelin. Vaihtoehdossa 1b on Koivusaaren ja Lapinlahden sillan välisen kalliotunnelin lisäksi Lemissaaren kohdalla länsiliittymät Lauttasaaresta länteen ja länneestä Lauttasaareen. Itäliittymät jätettiin tarkastelujen ulkopuolelle niihin liittyvien teknisten ja maankäytöllisten haasteiden takia. Itäliittymiin liittyviä haasteita on käsitelty tarkemmin kappaleessa 5.

Kahden päävaihtoehdon lisäksi periaatasolla tarkasteltiin lyhyttä kalliotunnelivaihtoehtoa (vaihtoehto 2), jossa Lemissaaren nykyiset Länsiväylän liittymäjärjestelyt voidaan pitää ennallaan. Lyhyt kalliotunneli sijoittuisi Koivusaaren ja Lemissaarentien väliselle alueelle.

Suunnitelmissa huomioitiin Länsiväylän ympäristön osayleiskaavan skenaarion 3 suunnitelmien lisäksi olemassa olevat maanalaiset tilat, Kantatien 51 (Länsiväylä) tiejärjestelyt Koivusaaren kohdalla (tiesuunnitelmaluonnokset), Salmisaaren alueen visiotasoiset maankäyttöluonnokset sekä Satamatunnelin vaikutukset Länsiväylän liikenteeseen.

Kohteen kalliotunnelin rakentaminen suunniteltiin siten, että Länsiväylän nykyinen liikenne voi toimia mahdollisimman pitkään nykyisen mukaisena. Vasta betonitunneli- ja avokaukalo-osuuksia rakennettaessa Länsiväylän liikenteeseen joudutaan tekemään muutoksia ja työnaikaisia vaiheistuksia.

Tietunnelin paloturvallisuus ja teknisten järjestelmien tilatarpeet on huomioitu selvityksen suunnitelmassa.

Suunnittelutehtävä ei sisältänyt Koivusaaren liittymien suunnittelua eikä pikaraitiotien ja baanan suunnittelua. Koivusaaren tiesuunnitelmiin kalliotunnelista aiheutuvat muutostarpeet on esitetty tässä selvityksessä. Tietunnelin suunnitelmat on tehty siten, että tunneli ei estä pikaraitiotien ja baanan toteuttamista skenaarion 3 hengen mukaisesti.

Suunnitelma-aineistossa esitetyt Länsiväylän osayleiskaavan skenaarion 3 katu- ja kortteliluonnokset eivät ole osayleiskaavan suunnitelmia, vaan melumallinnusta varten laadittuja hypoteettisia tutkielmia.

Suunnitteluryhmä

Työn ohjauksesta on vastannut Helsingin kaupungin ohjausryhmä, johon kuuluivat:

- Mikko Tervola
- Saija Miettinen-Tuoma
- Miika Vuoristo
- Kati Immonen
- Kirsi Lilja
- Satu Tarula
- Katariina Baarman
- Annika Rantala

Selvityksen on laatinut AFRY Finland Oy, jossa suunnitteluryhmään kuuluivat:

- Sari Alapoti, yleis- ja kalliotekninen suunnittelu, projektipäällikkö
- Arto Wegelius, yleis- ja kalliotekninen suunnittelu
- Eveliina Heiska, tie- ja katusuunnittelu
- Jari Nylander, rakennesuunnittelu
- Teemu Röman, geotekninen suunnittelu

- Matti Venelampi, talotekninen suunnittelu, alikonsulttina Ramboll Finland Oy
- Jenni Karjalainen, liikennesuunnittelu, alikonsulttina Ramboll Finland Oy
- Jukka Räsänen, liikennesuunnittelu, alikonsulttina Ramboll Finland Oy

2. Suunnittelun lähtökohdat

Selvityksen perustana olevat suunnitelmat, lähtötiedot, ohjeet ja vaatimukset

Selvityksessä on huomioitu seuraavat lähtötiedot:

- Pohjakartta ja johtotiedot
- Julkiset maanalaiset tilat korkeustietoineen
- Olemassa olevat pohjatutkimukset Soili-palvelun tietokannasta
- Olemassa oleva maanpintamalli
- Kantatien 51 (Länsiväylä) tiejärjestelyt Koivusaaren kohdalla, tiesuunnitelmaluonnokset
- Länsiväylän osayleiskaavan skenaario 3
- Satamatunnelin suunnitelmat
- Salmisaaren visiotasoiset maankäyttöluonnokset

Lisäksi suunnittelussa on huomioitu Väylän tietunneleiden suunnitteluohjeet teknisten järjestelmien ja rakennetekniikan osalta.

Pelastusviranomainen on osaltaan kommentoinut ja puoltanut Länsiväylän tunnelin suunnitteluratkaisuja (1.12.2022 / Kokous).

Suunnittelualue

Suunnittelualue on nykyinen Länsiväylä (kantatie 51) välillä Koivusaari – Lapinlahden silta. Lapinlahden sillan hyötyleveys pidetään tämän selvityksen suunnitelmaratkaisuisissa ennallaan.

Lisäksi suunnittelualueeseen kuuluvat Länsiväylän Lemissaaren liittymä ja siihen liittyvät rampit. Lemissaarentien kohdalla etelässä suunnittelurajana on Lauttasaarentie ja pohjoisessa Maamonlahden alue. Suunnittelu on tehty tarkemmin vain Lemissaaresta länteen johtavien ramppien osalta. Itään johtavat rampit hylättiin suunnittelun alkuvaiheessa niiden toteuttamiseen liittyneiden merkittävien haasteiden takia. Itäliittymiin liittyviä liikenteellisiä ja teknisiä haasteita on käsitelty kappaleessa 5.

Länsiväylän kalliotunneli liitetään lännessä Koivusaaren suunnitteilla olevaan eritasoliittymään. Itäpäässä kalliotunneli liittyy Lapinlahden sillalle. Lapinlahden sillan kaistajärjestelyissä huomioitiin sillan kaistajärjestelyihin tulossa olevat muutokset. Tällä hetkellä Lapinlahden sillalla länteen johtaa kaksi ajokaistaa ja itään kolme ajokaistaa. Satamatunnelin rakentamisen myötä sillan kaistajako muuttuu siten, että länteen johtaa kolme kaistaa ja itään kaksi kaistaa. Skenaariossa 3 pikaraiotielle ja baanalle on tunnistettu tarve uudelle sillalle Lapinlahden sillan viereen.

Karkea suunnittelualueerajaus on esitetty kuvassa 2.1



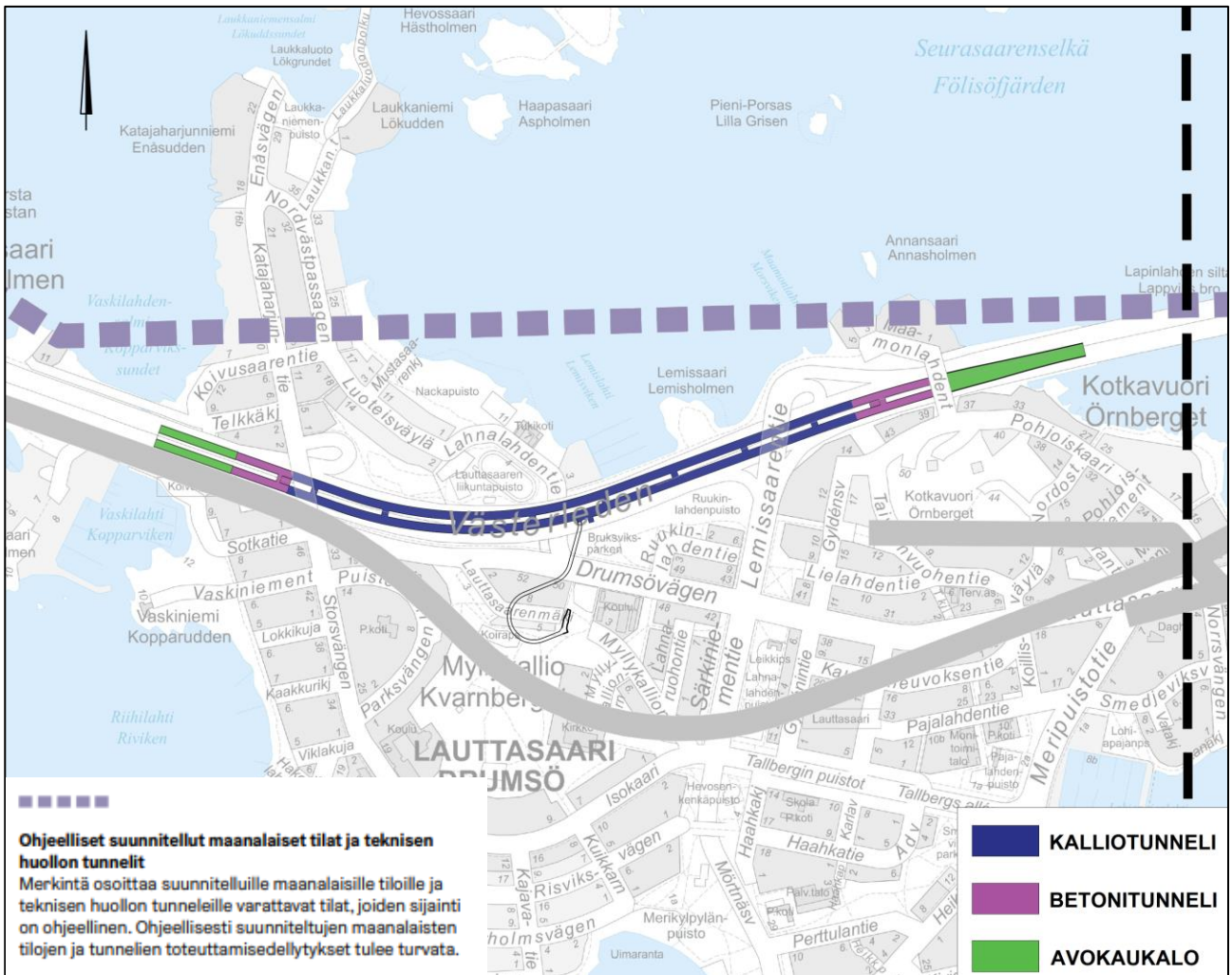
Kuva 2.1 Suunnittelualue

Kaupunkirakenne ja olemassa olevat sekä suunnitteilla olevat maanalaiset tilat

Suunnittelualue on rakennetussa kaupunkiympäristössä. Längsiväylän kalliotunnelin linjaus noudattelee pääpiirteissään nykyisen Längsimetron liikenteelle varattua tilaa.

Suunniteltu Längsiväylän tunnelilinjaus ei risteä olemassa olevien kalliotilojen kanssa. Tunnelinlinjauksen eteläpuolella sijaitsevat Längsimetron metrotunnelit ja Koivusaaren maanalainen metroasema.

Maanalaisessa yleiskaavassa 2021 suunnittelualueelle on merkitty ohjeellisesti suunniteltu teknisen huollon tunneli (Kuva 2.2). Kyseessä on pääkaupunkiseudun kaupunkien ja energiayhtiöiden yhteistyönä käynnissä oleva selvitys Sköldvikin energiahuoltoalueella syntyvien hukkalämpöjen hyödyntämisestä. Hukkalämpöjen hyödyntämistä varten tutkitaan kalliotunnelia välillä Sköldvik – Vuosaari – Hanasaari – Salmisaari – Finnå. Längsiväylän kalliotunneli ei risteä tämän ohjeellisesti suunnitellun teknisen huoltotunnelin kanssa.

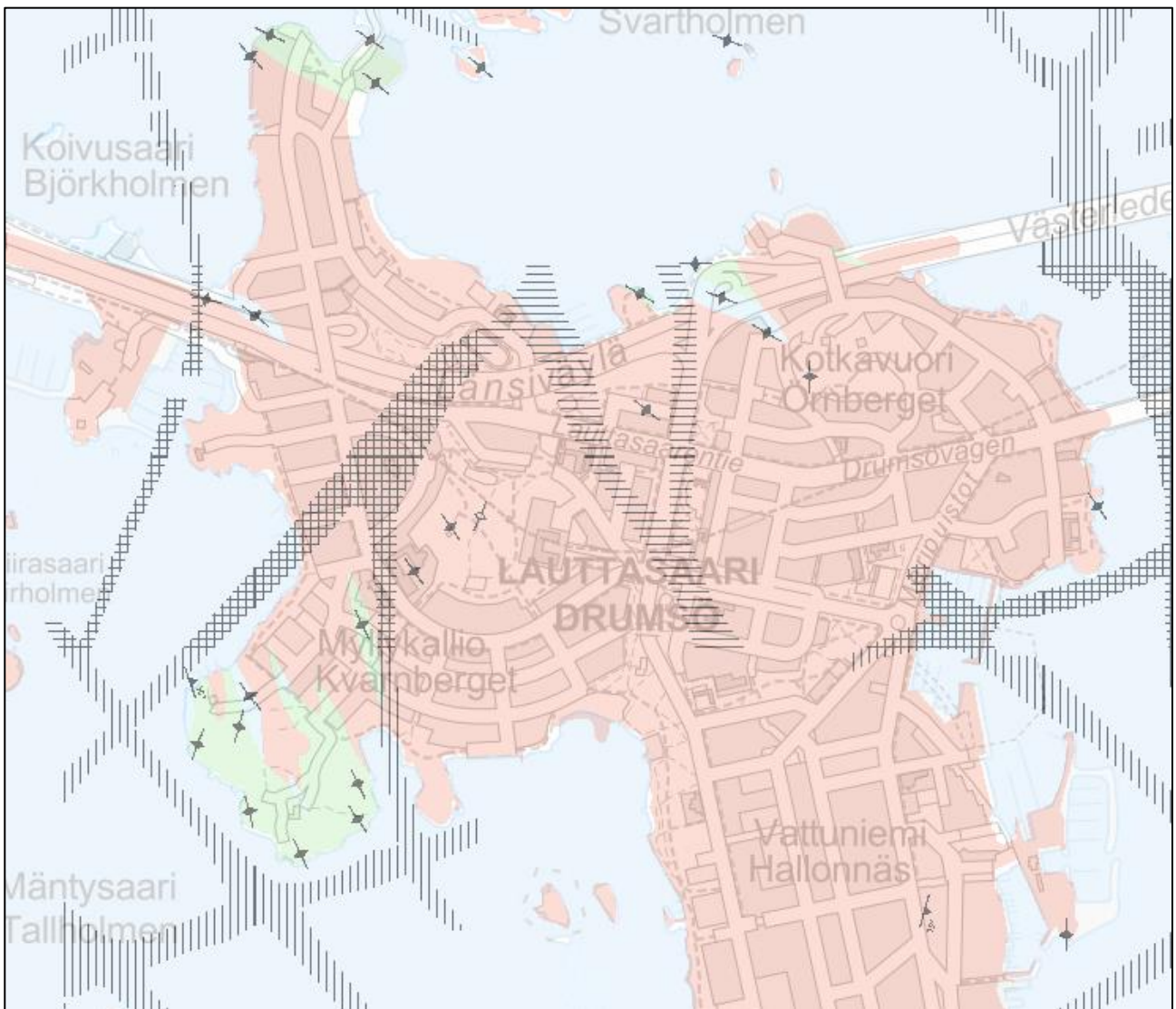


Kuva 2.2. Ote maanalaisesta yleiskaavasta 2021 Lauttasaaren kohdalla. Ohjeellisesti suunniteltu tekninen huoltotunneli välillä Sköldvik-Vuosaari-Hanasaari-Salmisaari-Finnå on merkitty kaavaotteeseen violetilla paksulla katkoviivalla. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Suunnittelualueen geologia ja kallioperän topologia

Kallionpinnan korkeus vaihtelee Länsiväylän tunnelin alueella välillä +6...-10 ollen korkeimmillaan kalliotunnelin paaluvälillä 1500-1600. Alimmillaan kallionpinta on tunnelin paalun 2000 läheisyydessä. Lauttasaaren urheilupuiston itäpuoliselta alueelta on käytettävissä vain muutamia kalliovarmistettuja tutkimuspisteitä. Kallionpinnan korkeus tällä alueella on epävarma. Avokalliopaljastumia on Myllykallion alueella tunnelin eteläpuolella ja Kotkavuoressa tunnelin itäreunassa.

Suunnittelualueella esiintyvä rakoilu ja pystyasentoinen liuskeisuus kulkevat pääosin suunnassa luode-kaakko (Kuva 2.3).



Kuva 2.3 Kallioperäkartta. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Suunnittelualueella esiintyy GTK:n avoimen aineiston perusteella kaksi rikkonaisuusvyöhykettä. Kuvassa 2.4 näkyvä punaisella katkoviivalla merkitty luode – kaakko -suuntainen heikkousvyöhyke on tulkittu merkittävän ongelmalliseksi ja siinä kalliolaatu on huonoimmillaan RiIV-RiV. Vyöhykkeen raot ovat muru- tai savitäytteisiä ja vyöhykkeelle on tyypillistä suuret rakoavaumat. Heikkousvyöhykkeen leveys on > 5 m.

Kuvassa 2.4 violetilla merkitty lounas-koillinen suuntainen heikkousvyöhyke on luokiteltu kalliolaudultaan luokkaan RiIV. Vyöhykkeen leveys on arvioitu olevan 2 - 5 m ja vyöhykkeen kivilaatu

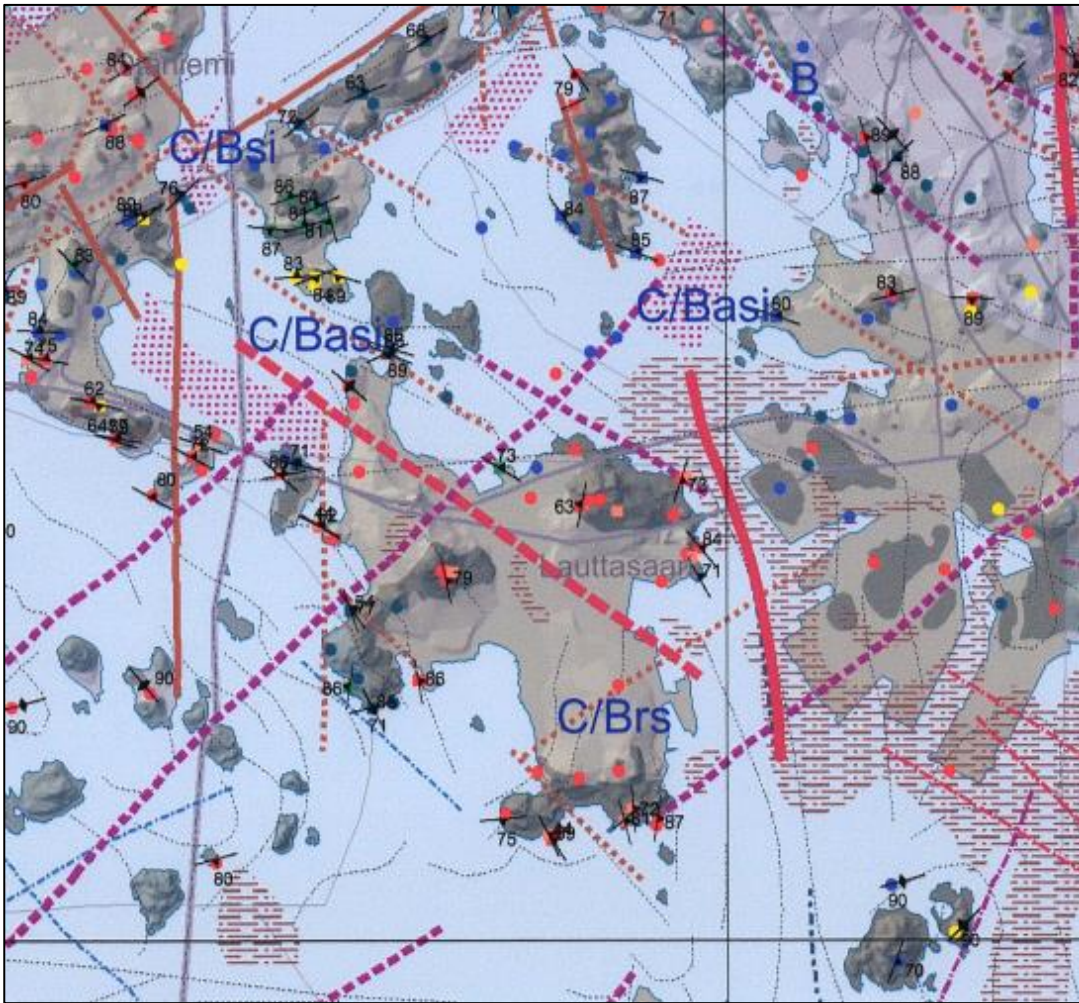
vähän tai runsaasti rapautunutta Rp1-2. Vyöhykkeelle ovat tyypillisiä kohtalaiset rakoavaumat ja raot joko avoimia tai savitäytteisiä.

Rikkonaisuusvyöhykkeet sijoittuvat kalliotunnelin paaluvälille 1600 – 1900 Lauttasaaren liikuntapuiston kohdalle.



Kuva 2.4 Rikkonaisuusvyöhykkeet Länsiväylän tunnelin alueella. Lähde: GTK avoin Hakku-aineisto

GTK:n kallioperän rakennettavuuskartan (Kuva 2.5) perusteella suunnittelualue on luokkaa C/Basi. Rakennettavuutta arvioitaessa luokka A on paras ja luokka D huonoin. C-luokassa rakoväli kallioperässä on vallitsevasti 0,3 - 0,5 m, rakopituus alle 20 m ja rakosuuntia voi olla 3 ja lisäksi satunnaisia suuntia. Symboli /Basi luokan C perässä tarkoittaa, että suorien, avointen ja sileiden rakojen runsas esiintyminen on laskenut rakennettavuusluokan B:stä C:hen.



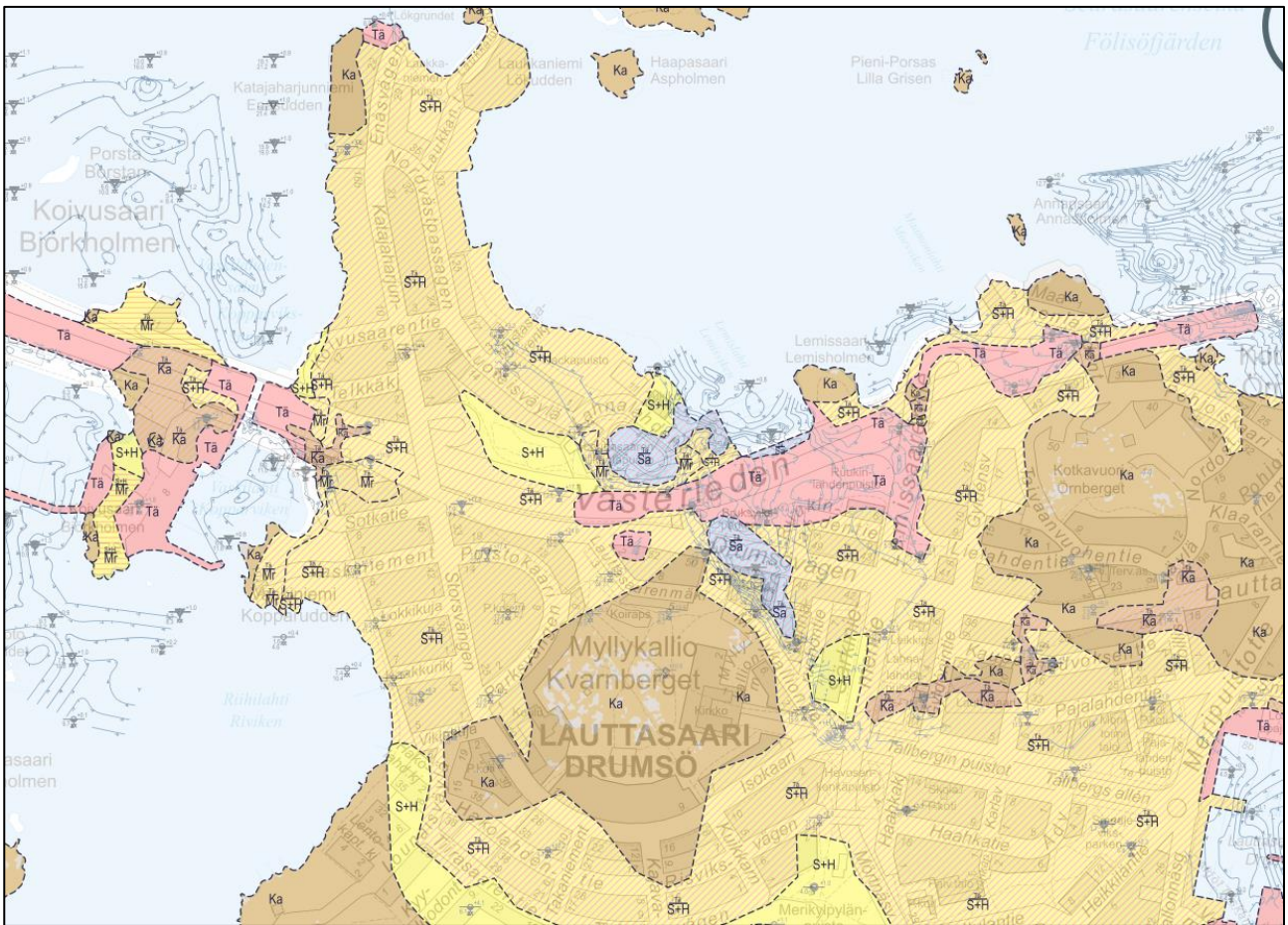
Kuva 2.5 Kallioperän rakennettavuus Längsväylän tunnelin alueella. Lähde: GTK
https://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/k21_42_2002_6.pdf

Pohjaolosuhteet

Suurin osa suunnittelu-alueen maaperästä on täyttömaata (Kuva 2.6). Tunnelin läntisellä suuaukolla täyttökerros on 1-3 m paksu ja sen alla oleva siltti-hiekkakerros yli 3 m paksu. Keskellä suunnittelualueella täyttökerros on yli 3 m paksu. Lemissaarentien itäpuolella 1-3 m paksun täyttökerroksen alla on yli 3 m paksu siltti-hiekkakerros. Lauttasaaren urheilupuiston alueella täyttökerroksen alla yli 3 m paksu savikerros.

Maanpinnan korkeus vaihtelee suunnittelualueella +2...+13 ollen korkeimmillaan Katajaharjuntien itäpuolella ja alhaisimmillaan Lemissaaren kohdalla. Suurimmat maapeitepaksuudet ovat Katajaharjuntien ja Lauttasaaren urheilupuiston välisellä alueella Längsväylän eteläpuolella. Tällä alueella maapeitepaksuudet ylittävät 20 m. Tunnelin itäisellä suuaukolla maapeitepaksuus on noin 5-9 m ja läntisellä suuaukolla noin 2-5 m.

Jatkosuunnitteluvaiheessa maaperän mahdollinen pilaantuneisuus on syytä tutkia erityisesti täyttökerrosten osalta.



Kuva 2.6. Maaperäkartta Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Pohjavesi

Länsiväylän tunnelin länsipäässä pohjaveden pinta on ollut noin tasolla +5...+10. Katajaharjuntien läheisyydessä on useita pohjavesiputkia. Meren rannassa olevissa putkissa pohjaveden pinta on ollut noin tasolla +0 (merenpinnan taso). Tunnelin itäpäästä ei ole käytettävissä pohjavedenpinnan havaintoja, mutta itäpäähän eteläpuolella pohjaveden pinta on ollut noin tasolla +3...+0. Suurin osa tunnelitiloista sijaitsee pohjavedenpinnan alapuolella.

Suunnittelualueen läheisyydessä on kaksi puupaaluille perustettua rakennusta (Kuva 2.7). Toinen rakennus on Lauttasaaren ala-asteen koulu osoitteessa Myllykalliontie 3 ja toinen osoitteessa Lauttasaarentie 47 sijaitseva asuinrakennuksen osa. Pohja- ja orsiveden pinnan alentaminen tällä alueella voi aiheuttaa puupaalujen lahoamista. Puupaalujen toiminta edellyttää, että ne ovat pohja- ja/tai orsiveden pinnan alapuolella. Puupaalujen lahoaminen tai muut niiden toimintaa heikentävät muutokset voivat aiheuttaa niillä tuettuihin rakennuksiin painumia tai muita rakennevaurioita.

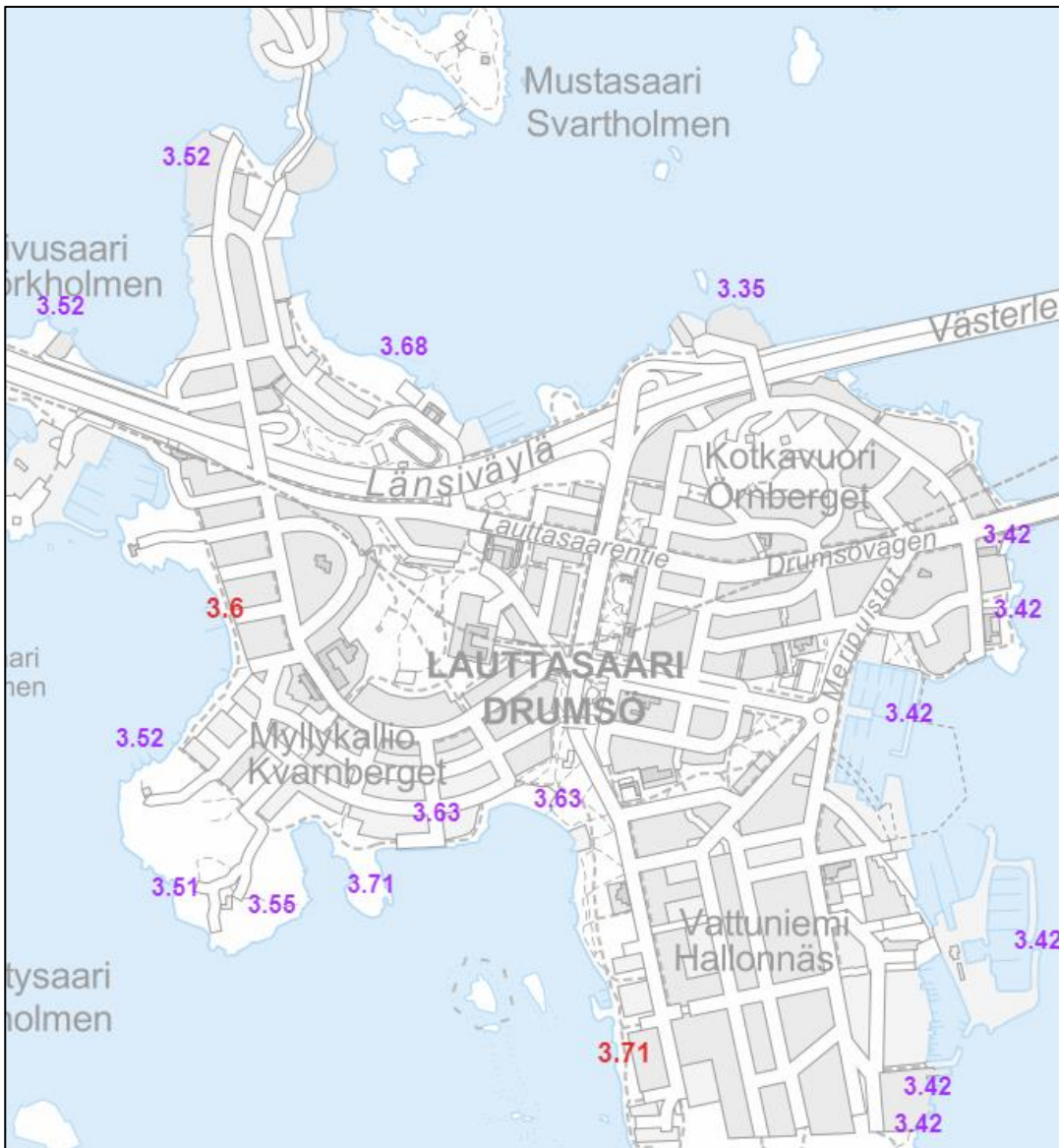
Tunnelin louhinta- ja kaivantotyöt aiheuttavat väliaikaista ja paikallista pohjavedenpinnan laskua. Tunneleiden louhinnasta aiheutuva kalliopohjavedenpinnan lasku on yleensä vähäistä. Louhinta- töistä aiheutuvaa pohjavedenpinnan laskua pyritään vähentämään tiivistämällä kallioon louhittavat tilat injektoimalla. Betonitunneli- ja avokaukalo-osuuksien kaivantotöillä on vaikutusta maaperässä esiintyvään pohja- ja orsiveteen. Säännöllisellä ja riittävän ajoissa aloitetulla alueen pohjavesipintojen korkeuden mittauksella selvitetään rakentamistoimenpiteistä pohjavedenpintaan aiheutuvat vaikutukset. Tarvittaessa vettä voidaan imeyttää maaperään rakentamalla siihen tarkoitukseen varusteltu imetyskaivoja.



Kuva 2.7 Puupaaluperusteiset rakennukset Länsiväylän tunnelin suunnittelualueella: Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Tulvasuojelu

Turvalliset rakentamiskorkeudet vuonna 2100 on esitetty kuvassa 2.8. Länsiväylän tunnelin itäisellä suuaukolla turvallinen rakentamiskorkeus on tasolla +3,35...+3,42 ja läntisellä suuaukolla tasolla +3,52...+3,6. Lemissaaren liittymäramppien kohdalla turvallinen rakentamiskorkeus on noin +3,35.



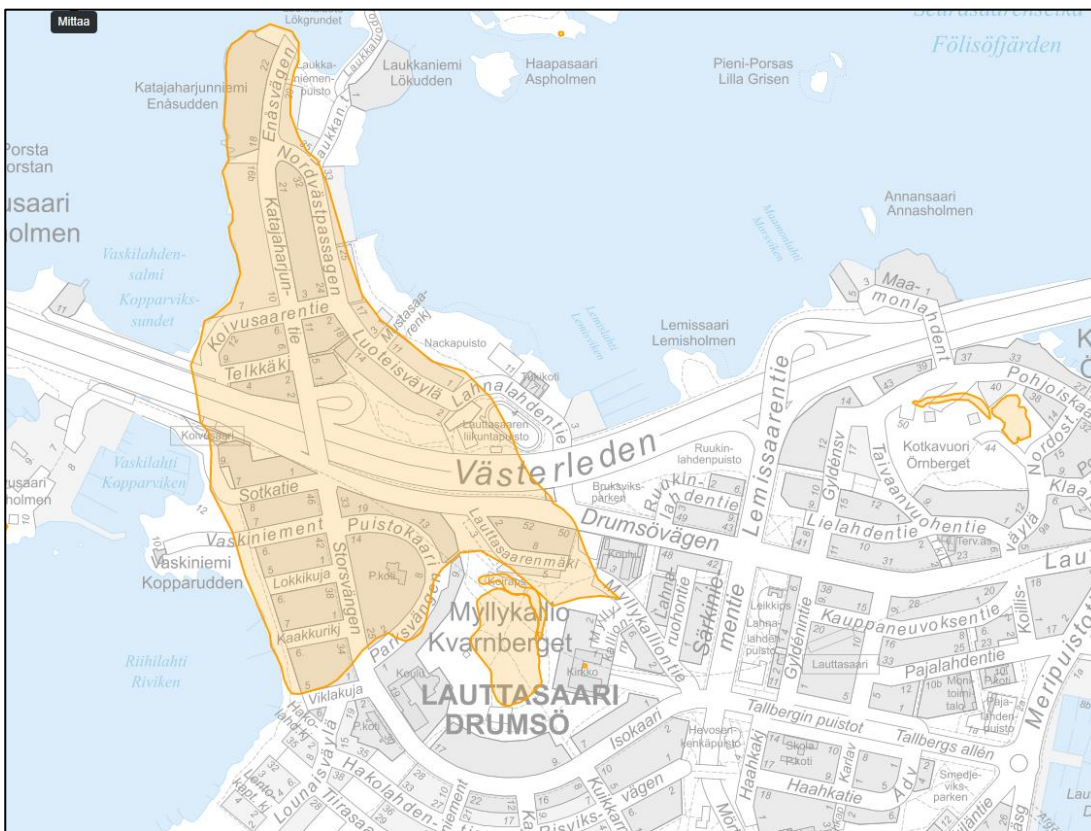
Kuva 2.8 Turvalliset rakentamiskorkeudet vuonna 2100: Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Tärkeät luontokohteet ja kulttuuriympäristöt

Suunnittelualueen läheisyydessä on Helsingin karttapalvelussa tärkeiksi lepakkoalueiksi ja arvokkaiksi metsäkohteiksi määriteltyjä alueita ja lisäksi tunnelin länsipään alue on merkitty tärkeäksi geologiseksi muodostumaksi.

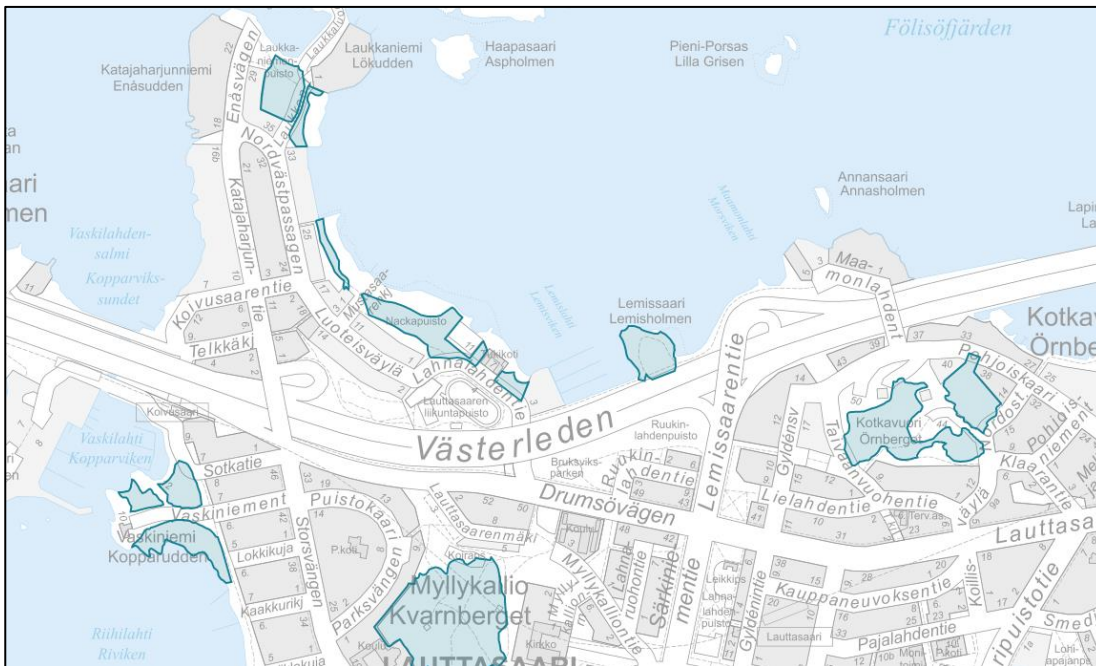
Myllykallion ja Kotkavuoren alueella on arvokkaita kallioalueita ja muinaisranta kivikkoja. Näihin arvokkaisiin kalliokohteisiin Länsiväylän tunnelilla ei ole vaikutusta.

Koko Katajaharjanniemi muodostuu moreenimuodostumasta, pre-crag drumliinista. Moreenimuodostuman alue on rakennettua aluetta ja sen geologinen arvoluokka on 3 (pieni). Muodostumalla on opetuksellista ja tieteellistä arvoa. Länsiväylän tunneli läpäisee Katajaharjun moreenimuodostuman.



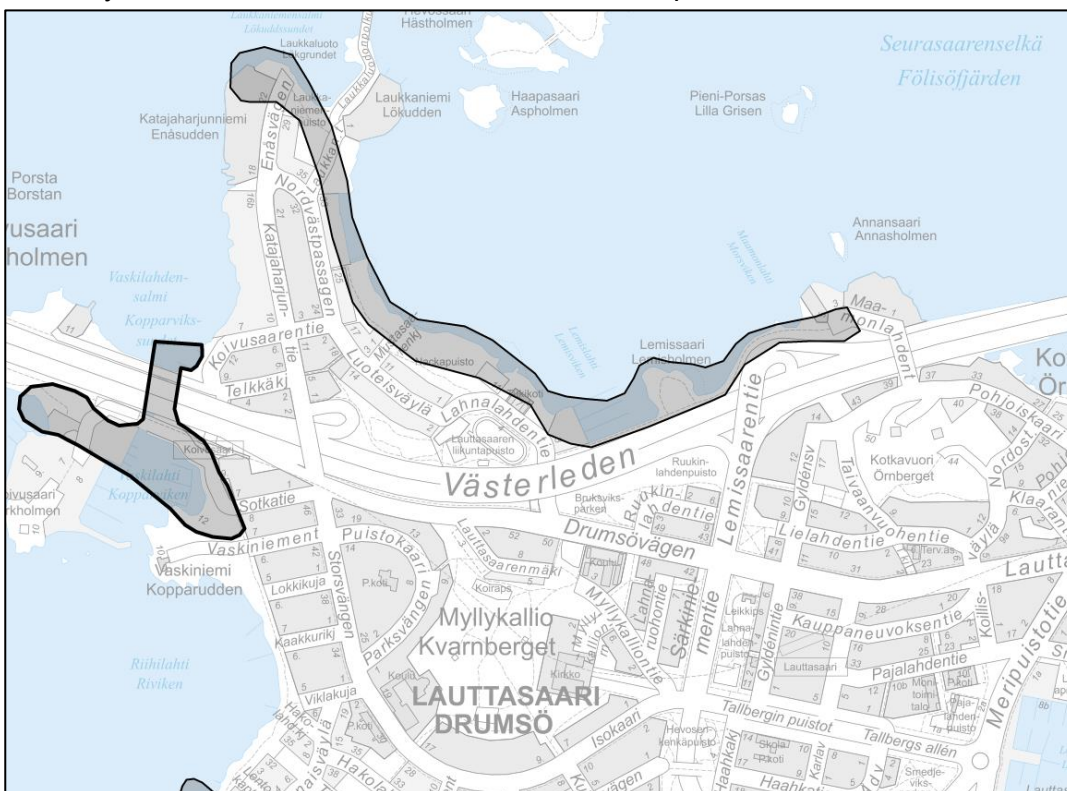
Kuva 2.9 Arvokkaat geologiset muodostumat: Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Suunnittelualueen lähellä sijaitsee useita tärkeitä metsäkohteita ja lepakkoalueita. Länsiväylän tunnelilla ei ole vaikutusta arvokkaisiin metsäkohteisiin.



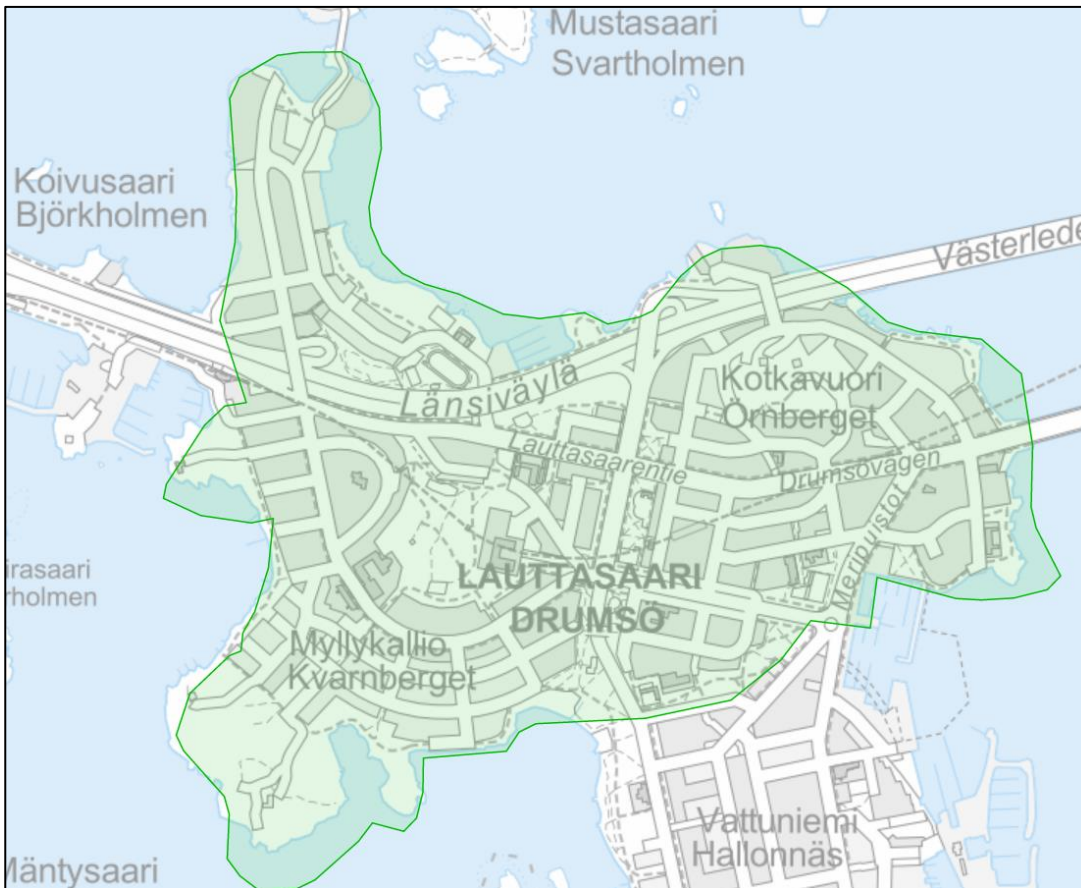
Kuva 2.10 Tärkeät metsäkohteet. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Länsiväylän tunneli sivuaa länsiosassaan tärkeitä lepakkoalueita.



Kuva 2.11 Tärkeät lepakkoalueet: Lauttasaaren Vaskilahti ja Lauttasaaren Lemislahti. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi)

Suunnittelualue kuuluu maakunnallisesti arvokkaaseen kulttuuriympäristöön. Lauttasaaren alue on luokiteltu maakunnallisesti arvokkaaksi kulttuuriympäristöksi sen pitkän kaavoitushistorian, Helsingin kesähuvila-alueena toimisen ja siellä sijaitsevan vanhan kartanon (rakennukset 1700-1800-luvulta) vuoksi.



Kuva 2.12. Maakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi).

Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän itään johtavan liittymisrampin läheisyydessä on pistemäinen muinaisjäännös (Josef Backin hauta).



Kuva 2.13. Suunnittelualan muinaisjäännökset. Lähde: Helsingin karttapalvelu (kartta.hel.fi).

3. Tekniset suunnitteluperusteet

Tietunneli

Suunnitteluperusteet liikenneteknisille ja tunnelin mitoitusratkaisuille ovat:

- Kaistoja ei päätetä päätunnelissa
- Ei kiertoliittymiä päätunnelissa
- Liikenne tunnelissa ei saa jonoutua
- Jalankulku ja pyöräily on kielletty tunnelissa
- Pysähtynyt ajoneuvo tulee olla ohitettavissa pelastusajoneuvolla

- Mitoitusajoneuvo HCT-rekka (High Capacity Transport), pituus 34,5 m, korkeus 4,4 m
- Vaarallisten aineiden kuljetus (VAK) sallittu
 - saattaen
 - kaasutaskut

- Nopeusrajoitus tunneleissa 60-70 km/h (jolloin mitoitusnopeus 70-80 km/h).
- Kaistaleveys 3500 mm ja pientareet 1500 mm molemmilla puolilla, ramppitunneleissa kaistaleveys 4500 mm ja pientareet molemmin puolin 1500 mm
- Maksimi pituuskaltevuus päätunnelissa 5 %.
- Pystygeometriassa käytetty pienin kuperan säde on $R=2000$, joka on vähimmäisarvo mitoitusnopeudella 70 km/h.
- Vapaan tilan korkeus 5 m koko tunnelin leveydeltä seinien välissä.

Tunneliyhteyden osalta suunnittelun lähtökohtana on noin 68 000 ajoneuvon arkivuorokausiliikennemäärä ja noin 3500 ajon/h/suunta huipputuntiliikennemäärät.

Pystykuilut

Pystykuilujen määrä, koko ja sijainti perustuvat taloteknisiin ratkaisuihin, paloturvallisuuden vaatimukseen, rakenteiden tilatarpeeseen sekä kalliotekniseen toteutettavuuteen. Pystykuiluja käytetään poistumisteinä ja tarpeen mukaan tekniikkareitteinä.

Pystykuilujen maanpäälliset osat pyritään ensisijaisesti integroimaan alueen maankäytöllisten tavoitteiden mukaisesti alustaviin uudisrakentamisen paikkoihin tai muutoin kaupunkikuvaan soveltuviin paikkoihin.

4. Suunnitteluratkaisut

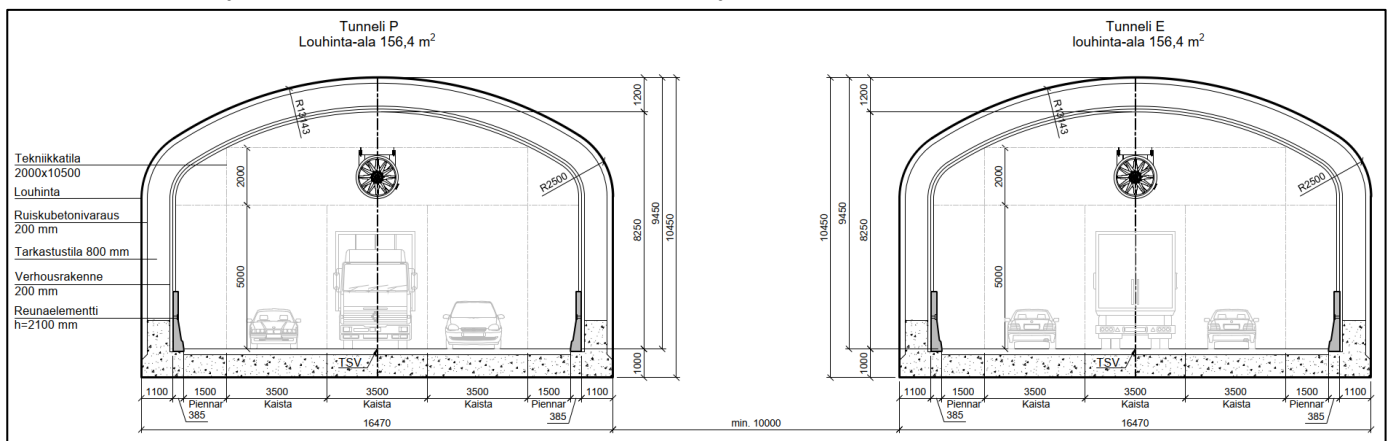
Tietunnelit

Yleistä

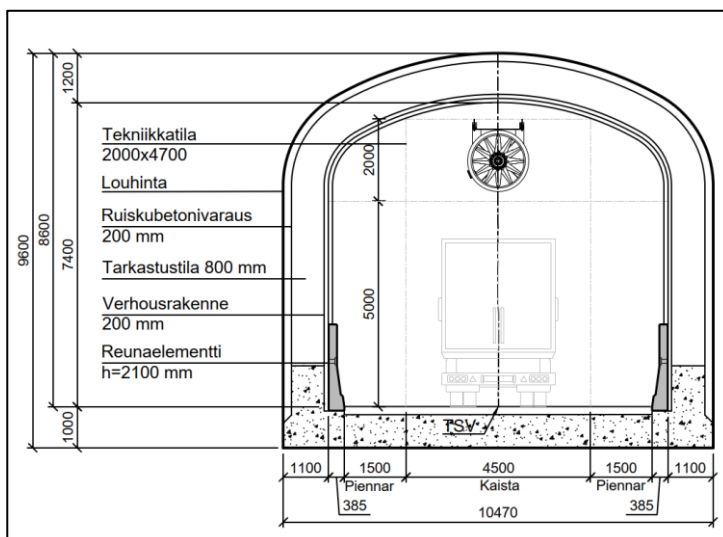
Länsiväylän kalliotunnelista tutkittiin kaksi päävaihtoehtoa: vaihtoehdot 1a ja 1b. Vaihtoehdossa 1a on kaksi vierekkäistä tunneliputkea nykyisen Länsiväylän alapuolella välillä Koivusaari – Lapinlahden silta. Vaihtoehdossa 1b on vaihtoehdossa 1a esitettyyn päätunneliin lisätty Lemissaaren länsiliittymät. Lisäksi tutkittiin periaatetasolla vaihtoehto 2. Vaihtoehdossa 2 on lyhyt kaksiputkinen tunneliosuus Koivusaaren ja Lemissaaren välillä. Vaihtoehto 2 on kuvattu kohdassa Muut tutkitut linjausvaihtoehdot.

Kalliotunneli- ja betonitunneliosuudella vastakkaisten ajosuuntien liikenne on erotettu omiin tunneliputkiin. Avokaukalo-osuuksilla eri ajosuuntien liikenne on joko erillisissä tai yhteisissä kaukalorakenteissa.

Ajokaistojen leveys päätunnelissa on 3,5 m ja ramppitunnelissa 4,5 m. Pientareiden leveys molemmin puolin ajokaistoja on 1,5 m. Tunnelleiden ulkoreunoihin on suunniteltu 2,1 m korkeat törmäyselementit, jotka ohjaavat ajoneuvoja törmäystilanteessa ja samalla myös suojaavat verhoustarakennetta törmäysvaikutuksilta. Kalliotunnelleiden leveys riippuu kaistamäärästä.



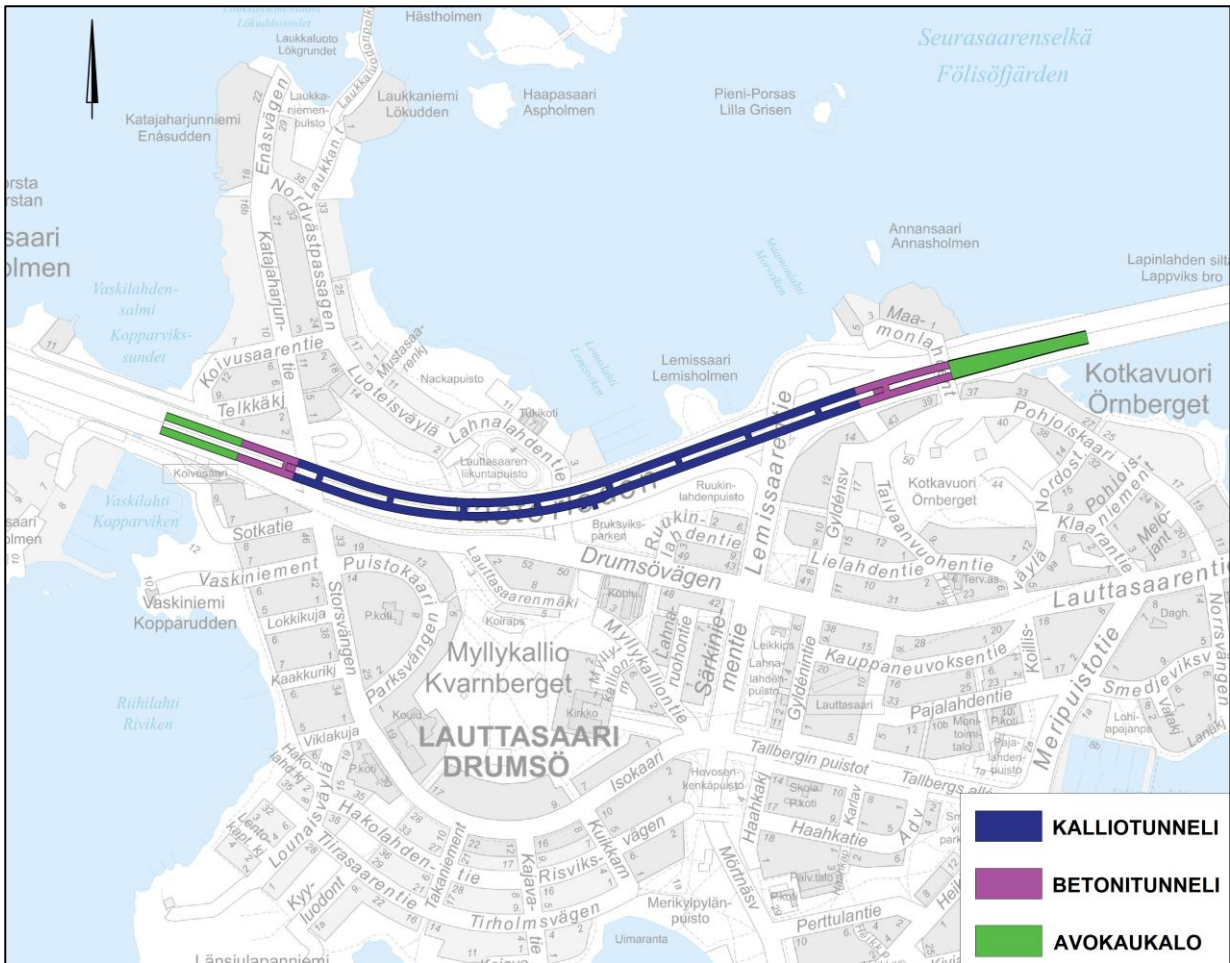
Kuva 4.1 Kalliotunnelin tyypipoikkileikkaus 3+3 -kaistaisella tunneliosuudella.



Kuva 4.2 Kalliotunnelin tyypipoikkileikkaus 1-kaistaisessa ramppitunnelissa.

Vaihtoehto 1a

Vaihtoehdon 1a linjaus on esitetty kuvissa 4.1 ja 4.2



Kuva 4.1 Vaihtoehdon 1a linjaus



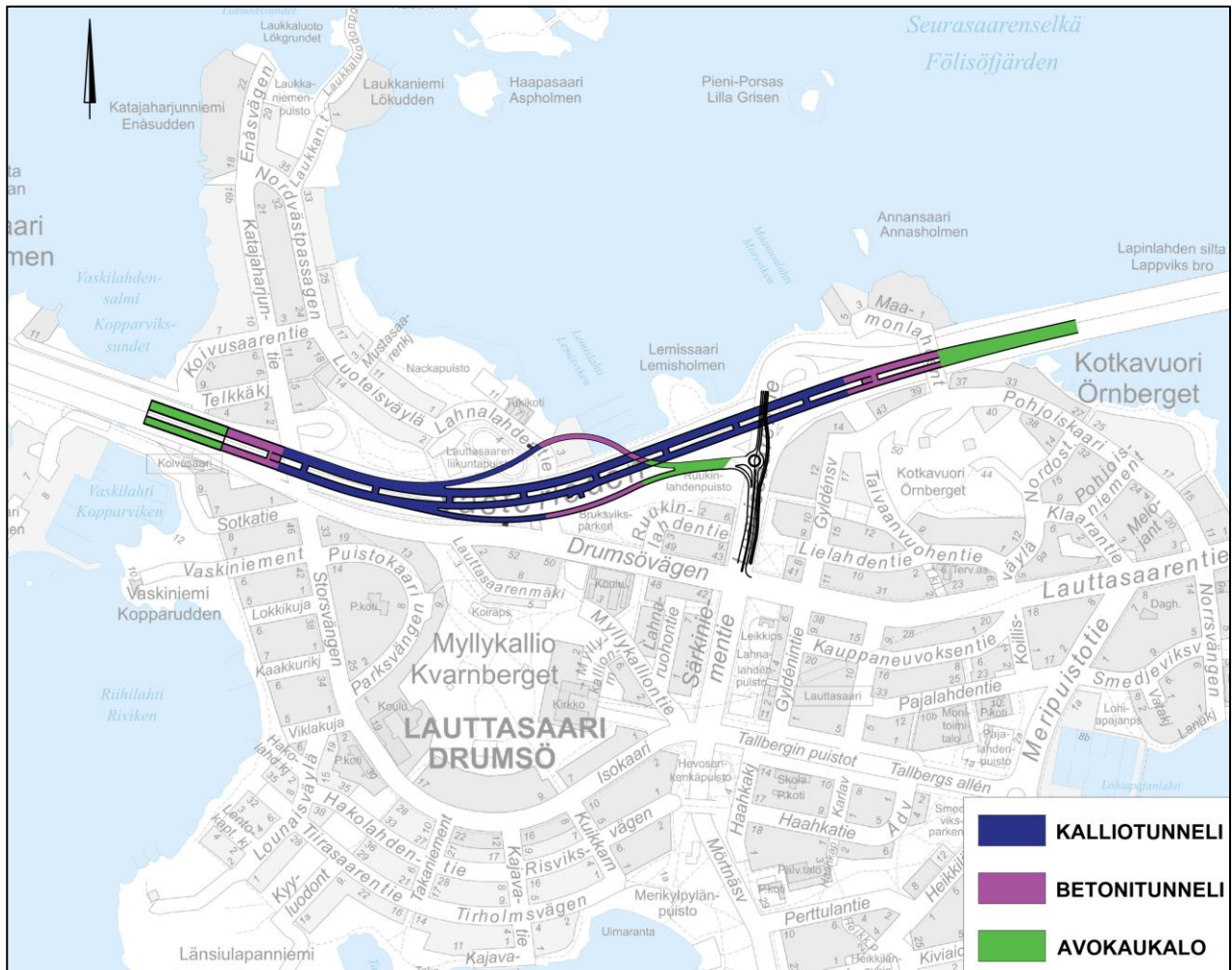
Kuva 4.2 Ortoilmakuva Länsiväylän kalliotunnelin linjauksesta 1a

Vaihtoehdossa 1a kalliotunneli ja siihen liittyvät betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet sijaitsevat Länsiväylällä Koivusaaren ja Lapinlahden sillan välisellä alueella. Tunnelissa Koivusaaresta itään johtaa kolme kaistaa, joista ulommaisina päätetään betonitunnelin jälkeen avokaukalo-osuudella ennen Lapinlahden siltaa. Lapinlahden sillalla on kaksi kaistaa itään. Lapinlahden sillalta länteen johtaa kolme kaistaa. Koivusaaren eritasoliittymän rampin E2R3 erkanemiskaista alkaa tunnelin avosuudella Koivusaaren tiesuunnitelman mukaisesti. Vaihtoehdon 1a kalliotunnelin molemmissa päissä on betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet. Tunnelin tekniset tilat sijoittuvat yhdyskäytävien yhteyteen sekä tunnelin alimpaan kohtaan, jossa on pumppaamo ja varovesialtaat. Lisäksi teknisiä tiloja muun muassa ilmanvaihtokuilut on sijoitettu tunnelin molemmille suuaukoille betonitunneli-osuuksille.

Vaihtoehdossa 1a kalliotunneliosuudella tunneli lähtee laskeutumaan Koivusaaresta 5 % kaltevuudella. Saavuttaessaan alimman pisteen tunnelin keskivaiheilla tunneli lähtee nousemaan kohti maanpintaa 5 % kaltevuudella. Lopullinen tunnelin geometria tarkennetaan seuraavissa suunnitteluvaiheissa tehtävien maa- ja kallioperätutkimusten perusteella. Tällöin tarkentuu myös alimman pisteen pystygeometria.

Vaihtoehto 1b

Vaihtoehdon 1b linjaukset on esitetty kuvissa 4.3 ja 4.4.



Kuva 4.3 Vaihtoehdon 1b linjaukset



Kuva 4.4 Ortoilmakuva Länsiväylän kalliotunnelin vaihtoehdon 1b linjaukselta

Vaihtoehdossa 1b kalliotunneli ja siihen liittyvät betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet sijaitsevat Länsiväylällä Koivusaaren ja Lapinlahden sillan välisellä alueella. Tunnelissa Koivusaaresta itään johtaa kolme kaistaa, joista ulommaisina erkanee Lemissaaren liittämärampiksi E3R1 ja kaksi jäljelle jäävää kaistaa johtavat Lapinlahden sillalle. Lapinlahden sillalla on kaksi kaistaa itään. Lapinlahden sillalta länteen johtaa kolme kaistaa. Lemissaaren liittämäramppi E3R4 liittyy länteen johtavaan tunneliin ja Koivusaareissa tunnelista tulee ulos neljä kaistaa. Koivusaareissa ulommainen kaista erkanee avo-osuudella omaksi rampikseen uusien Koivusaaren tiesuunnitelmien mukaisesti. Tunnelin tekniset tilat sijoittuvat yhdyskäytävien yhteyteen sekä tunnelin alimpaan kohtaan, jossa on pumppaamo ja varovesialtaat sekä molempien tunnelin suuaukkojen betonitunneliosuuksille. Tunnelin molemmilla suuaukoilla on ilmanvaihtokuilut.

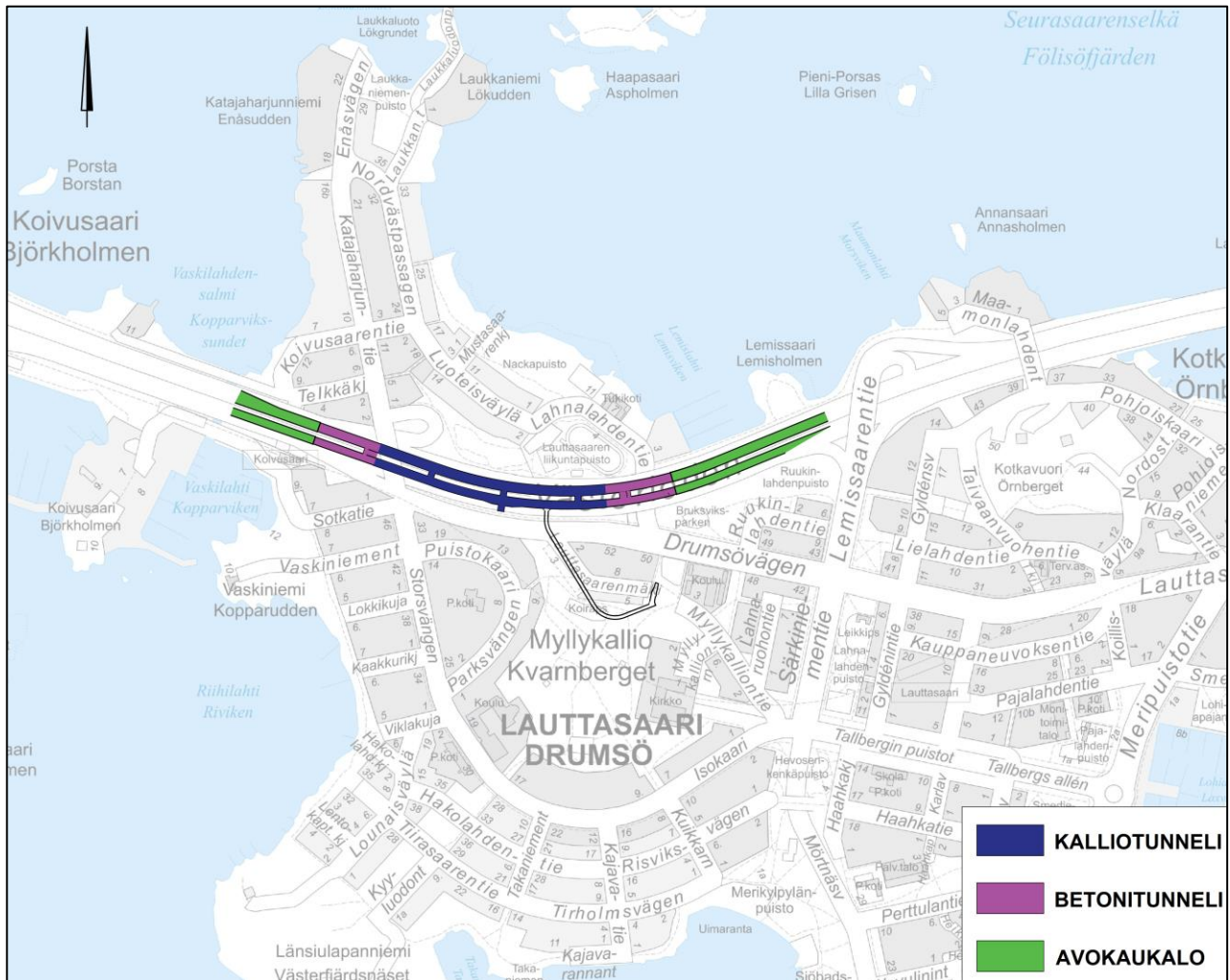
Vaihtoehdossa 1b päätunneli on pystygeometrialtaan samanlainen kuin vaihtoehdossa 1a.

Lemissaaren länsirampeissa on kalliotunneliosuuden lisäksi betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet. Länsirampit nousevat maanpintaan lähellä Lemissaarentietä, johon rakennetaan kiertoliittymä. Kiertoliittymässä on 'vapaa oikea' tunnelia pitkin Lauttasaarentielle menevälle liikenteelle. Vapaa oikea vähentää tunnelin jonoutumisriskiä.

Lemissaaren länsiliittymän tunneleihin rakennetaan molempiin ramppitunneleihin pystykuilut. Ramppitunneleiden hätäpoistuminen tapahtuu pystykuilujen kautta. Pystykuilujen lisäksi ramppitunneleihin rakennetaan osalle matkaa seinin erotettu, palo-osastoitu poistumiskäytävä, josta on yhteys pystykuiluun.

Muut tutkitut linjausvaihtoehdot

Vaihtoehdon 2 linjaus on esitetty kuvissa 4.5 ja 4.6.



Kuva 4.5 Vaihtoehdon 2 linjaus



Kuva 4.6 Ortoilmakuva Länsiväylän kalliotunnelin vaihtoehdon 2 linjaukselta

Vaihtoehdossa 2 kalliotunneli ja siihen liittyvät betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet sijoittuvat Koivusaaren ja Lemissaarentien väliselle alueelle. Tunnelissa Koivusaaresta itään johtaa kolme kaistaa, joista ulommaisoin johdetaan Lemissaareen (E3R1) ja kaksi johtaa Lapinlahden sillalle. Lapinlahden sillalla on kaksi kaistaa itään. Tunnelissa Lemissaaren kohdalta länteen johtaa kolme kaistaa. Koivusaarella ulommainen kaista erkanelee avo-osuudella omaksi rampikseen uusien Koivusaaren tiesuunnitelmien mukaisesti. Tunnelin tekniset tilat sijoittuvat tunneleiden välisiin yhdyskäytäviin, tunnelin alimpaan kohtaan, jossa on pumppaamo ja varovesialtaat sekä molemmille tunnelin suuaukoille, joihin sijoitetaan tunnelin ilmanvaihtokuilut.

Muut tutkitut liikennejärjestelyt on kuvattu kappaleessa 5.

Kalliotunnelit

Kallioon toteutettavien tunneleiden tiivistäminen, louhinta ja lujittaminen voidaan toteuttaa tavanomaisin menetelmin tässä selvityksessä käytettävissä olevan tiedon perusteella.

Louhittavia tunneleita ympäröivä kallio tiivistetään esi-injektoimalla. Louhittavien tunneleiden tiiveysvaatimus on A-luokan (BY 53) mukainen. A-luokka kattaa vaativat kalliorakennuskohteet kaupunkialueella ja luokan mukaisesti sallittu pohjaveden virtaus tunneliin on keskimäärin enintään 5 l/min/100 m. Esi-injektointia täydennetään tarvittaessa jälki-injektoinnilla.

Kalliotunnelit louhitaan poraus-räjäytysmenetelmällä. Tunnelleita ennakkolujitetaan suuaukoilla, risteysalueilla ja mahdollisen heikon kalliolaadun alueilla.

Louhittuja tunneleita ympäröivän kallion holvi sekä seinät lujitetaan kalliolujituspulteilla. Kalliolaadun mukaista pulttitusta tehdään tarvittaessa jo louhinnan aikana. Kalliopultituksen lisäksi tunnelin holvi- ja seinäpinnat lujitetaan teräskuituraudoitetulla ruiskubetonilla. Muovikuitujen käyttöä ei suositella, ellei hukkakuitujen kulkeutumista ympäristöön voida estää. Ruiskubetonin ja kallioon väliin asennetaan ruiskubetonisaloja holvista ja seiniltä valuvan kalliopohjaveden johtamiseksi kuivausjärjestelmään.

Tunnelit varustetaan verhousrakenteella koko pituudeltaan. Tarkastustila verhousrakenteen ja ruiskubetonipinnan välissä on 800 mm.

Jänneväliiltään suurissa tiloissa kuten päätunnelin ja ramppitunneleiden erkanemiskohdissa louhinta ja tuentaa vaiheistetaan.

Pystykuilut

Pystykuilujen louhinta toteutetaan pitkäreikämenetelmällä siinä vaiheessa, kun kuilun alapuolelle louhittavat maanalaiset tilat on louhittu. Kuilujen louhe kuljetetaan läjitykseen maanalaisten tilojen kautta. Kuilun yläosassa työmaa rajoittuu kuilun lähiympäristöön ja räjäytyspaineet kohdistuvat tunneliin.

Kuilua ympäröivä kallio esi-injektoidaan sekä maanpinnasta että tunnelitasolta. Kuilun ylä- ja alaosan kallio ennakkolujitetaan ennen louhinta. Kuilun ympärille rakennetaan louhintapalkki ennen kuilureunan irtiporausta. Kuilun lujittaminen tehdään ylhäältä alas edeten. Lujitusrakenteina käytetään teräspulttitusta sekä teräskuitu- tai verkkorauδοitettua ruiskubetonia.

Ajotunneli

Kaikissa tunnelivaihtoehdoissa kalliotunneliosuudet rakennetaan päätunnelin keskialueelle liittyvän ajotunnelin kautta. Ajotunneli haarautuu olemassa olevasta metron ajotunnelista. Metron ajotunnelin suuaukko sijaitsee Lauttasaarentien eteläpuolella lähellä Myllykalliontien päätettä.

Metron ajotunnelista Länsiväylän kalliotunnelin ajotunneli erkanee noin 50 m päästä suuaukolta. Vaihtoehdoissa 1a ja 1b ajotunneli lähtee tasolta -12 ja päättyy tasolle -28,2. Vaihtoehdossa 2 ajotunneli päättyy tasolle -16,0. Ajotunneli johtaa eteläiseen päätunnelin putkeen tunnelin alimpaan kohtaan. Ajotunnelin ja päätunnelin risteyskohdassa on huoltolevike ja pumppaamorakenteet. Pumppaamon ja sen yhteydessä olevien teknisten tilojen huolto voidaan hoitaa ajotunnelin kautta.

Ajotunnelin linjaukselle on useita mahdollisia vaihtoehtoja. Suunnitelmapiirustuksissa on esitetty yksi mahdollinen linjaus (Kuva 4.7). Ajotunnelin tarkempi linjaus suunnitellaan jatkosuunnittelussa.



Kuva 4.7 Ajotunnelin linjaus vaihtoehdoissa 1a ja 1b. Vaihtoehdossa 2 ajotunneli liittyy päätunneliin lännempänä kuin vaihtoehdoissa 1a ja 1b.

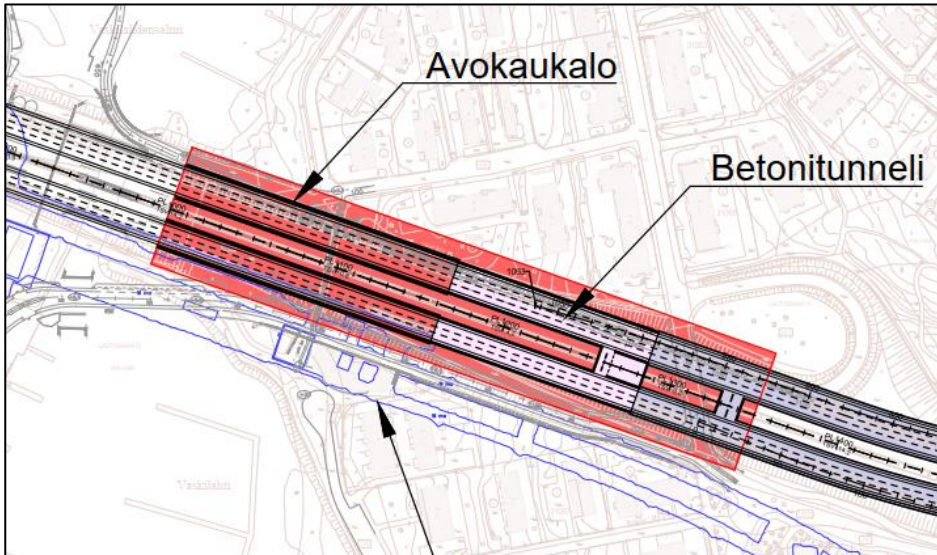
Tunneleiden suojavaikykkeet ja vaikutukset kaupunkirakenteeseen

Tunnelin ympärillä olevalla suojavaikykkeellä tarkoitetaan kalliomassaa, jonka ensisijainen tehtävä on muodostaa kalliotilan kantava rakenne. Tunnelin kantava rakenne muodostuu lujitetusta kallioholvista ja seinistä. Yleiskaavavaiheessa tunneleiden ympärille muodostetaan suurehko suojavaikyhyke, koska tunnelin geometriaa tullaan jatkosuunnittelussa tarkentamaan. Länsiväylän tunnelin kohdalla päätunnelin geometria voi liikkua pohjois-eteläsuunnassa. Jatkosuunnittelussa on mahdollista tarkastella geometriamuutoksia, joissa päätunnelin keskilinja ei sijaitse nykyisen Länsiväylän kohdalla. Tunnelin itäistä ja läntistä suuaukkoa ei juurikaan voida siirtää esitetyistä sijainneista. Ramppitunneleissa ja ajotunnelissa mahdolliset geometriamuutokset voivat olla suurempia.

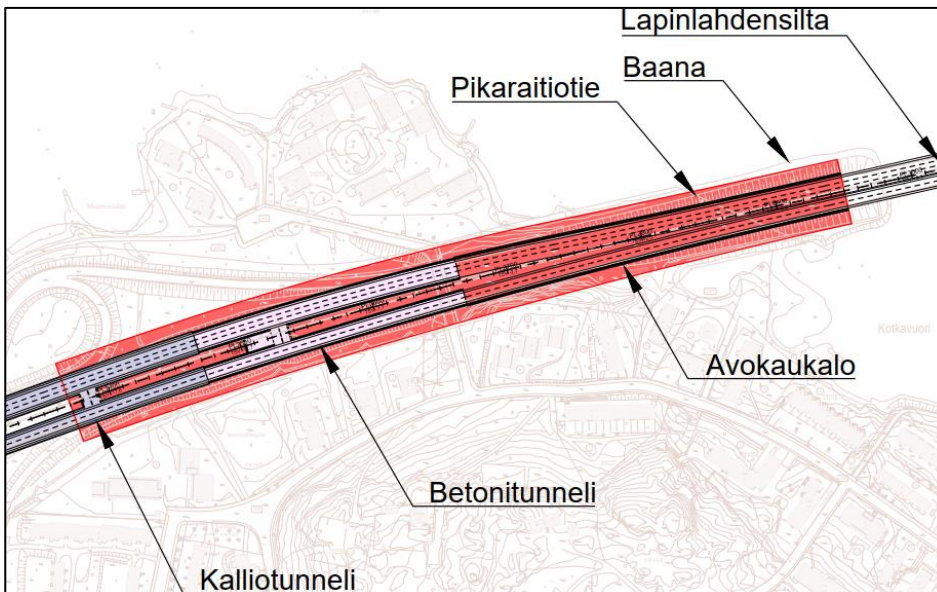
Länsiväylän tunnelin osalta maanpäällinen rakentaminen on mahdollista kalliotunnelin päälle. Rajoituksia rakentamiselle asettaa ohut kalliokatto (< 5 m). Ohutta kalliokattoa esiintyy erityisesti kalliotunnelin suuaukoilla. Kalliotunnelin suuaukkojen läheisyydessä päälle rakennettavien rakennusten kuormat on vietävä kalliotunnelin holvin ulkopuolelle ehjään kallioon. Alueilla ei myöskään

sallita louhintaa vaativaa kellarirakentamista. Tunnelin suojavaöhykkeet on esitetty piirustuksessa KAT-019.

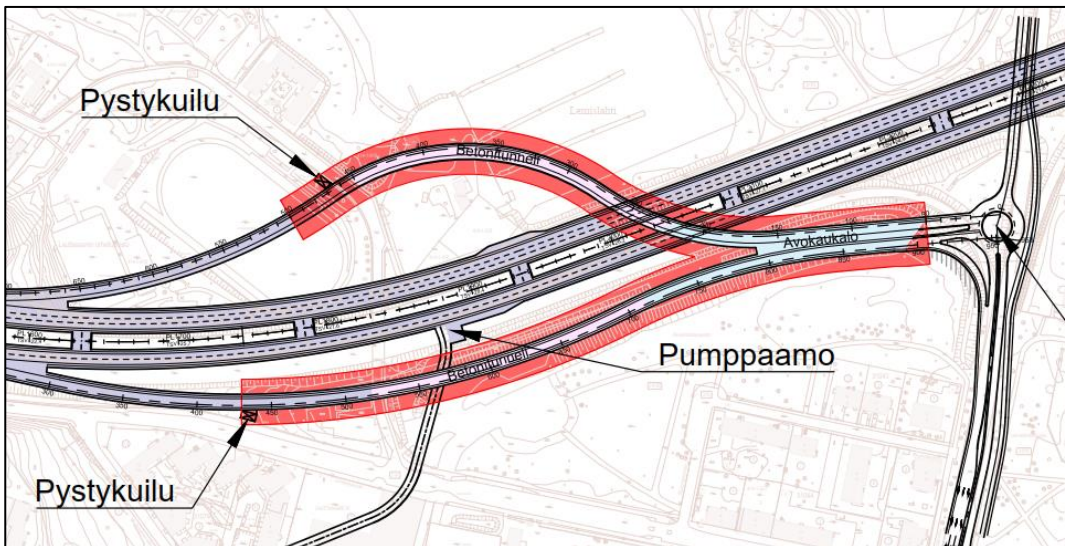
Länsiväylän tunnelissa betonitunnelien päälle tulevien maakerrosten paksuus on suuri ja niistä betonitunnelin holviin kohdistuva kuormitus merkittävä. Tästä syystä betonitunnelien holvien päälle ei tule kohdistaa maanpäällisten rakennusten kuormia. Rakennusten kuormat on vietävä betonitunnelin holvin ulkopuolelle.



Kuva 4.8. Tunnelin suojavaöhyke länsipäässä.



Kuva 4.9. Tunnelin suojavaöhyke itäpäässä



Kuva 4.10. Tunnelin suojavyöhykkeet ramppitunneleissa

Rakennustekniset ratkaisut

Noudatettavat määräykset ja ohjeet rakennesuunnittelussa

Rakennesuunnittelua ohjaavat voimassa olevat kansalliset ohjeet ja määräykset sekä yleiset eurooppalaiset Eurokoodin määräykset ja ohjeet. Lisäksi rakennesuunnittelussa on huomioitava Helsingin kaupungin omat määräykset ja ohjeet.

Betonirakenteiden kantavien rakenteiden mitoituksessa noudatetaan:

- Eurokoodin ohjeita
- Voimassa oleva kansallisia Väyläviraston ohjeita 24/2017 ja 14/2015
- Eurokoodin soveltamisohjeen ”Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet- NCCI1” mukaisia ajoneuvokuormia ja perusteita
- Helsingin kaupungin rakennusviraston ohjetta ” Yleisten alueiden rakenteiden suunnitteluohje 21.3.2017”

Rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon Väyläviraston ohjeiden mukaiset palo- ja räjähdyskuormitukset sekä ajoneuvoliikenteen törmäyskuormat kantaviin rakenteisiin. Lisäksi rakenteissa on huomioitava meriveden tulvakorkeus (N2000) sekä meren vedenpaine kuormat rakenteille. (Turvalliset rakentamiskorkeudet (Helsingin kaupunki)).

Helsingin pelastuslaitoksen ajoneuvon tukijalkakuorma $F=215 \text{ kN/tukijalka}$ (min. 750 mm x 750 mm) on huomioitava mitoituksessa. Ruiskubetoniverhourakenteissa noudatetaan Eurokoodin ohjeita ja voimassa olevia em. mainittuja ohjeita ja määräyksiä soveltavin osin.

Suunnitteluikä kantaville rakenteille on 100 vuotta Väyläviraston ohjeen mukaisesti ja sekundäärisille rakenteille kuten ruiskubetoniverhourakenteelle ja kiinnikkeille 50 vuotta.

Rakenteellisessa palonsuojamitoituksessa noudatetaan eurokoodeja ja niiden kansallisia liitteitä; Betonirakenteet SFS-EN 1992-1-3, Teräsrakenteet SFS-EN 1993-1-2 sekä Väyläviraston ohjeita, ellei hankekohtaisesti tunnelin hallintoviranomainen toisin päättä.

Tässä hankkeessa betonitunnelirakenteiden mitoituksessa on myös huomioitu suunnitteilla olevan pikaraitiovaunun kuormat soveltaen Väyläviraston ohjeita 24/2017.

Betonitunnelit

Vaihtoehtojen 1a ja 1b betonitunneleissa sekä vaihtoehdon 2 periaateratkaisussa käytetään samankaltaisia rakenneratkaisuja.

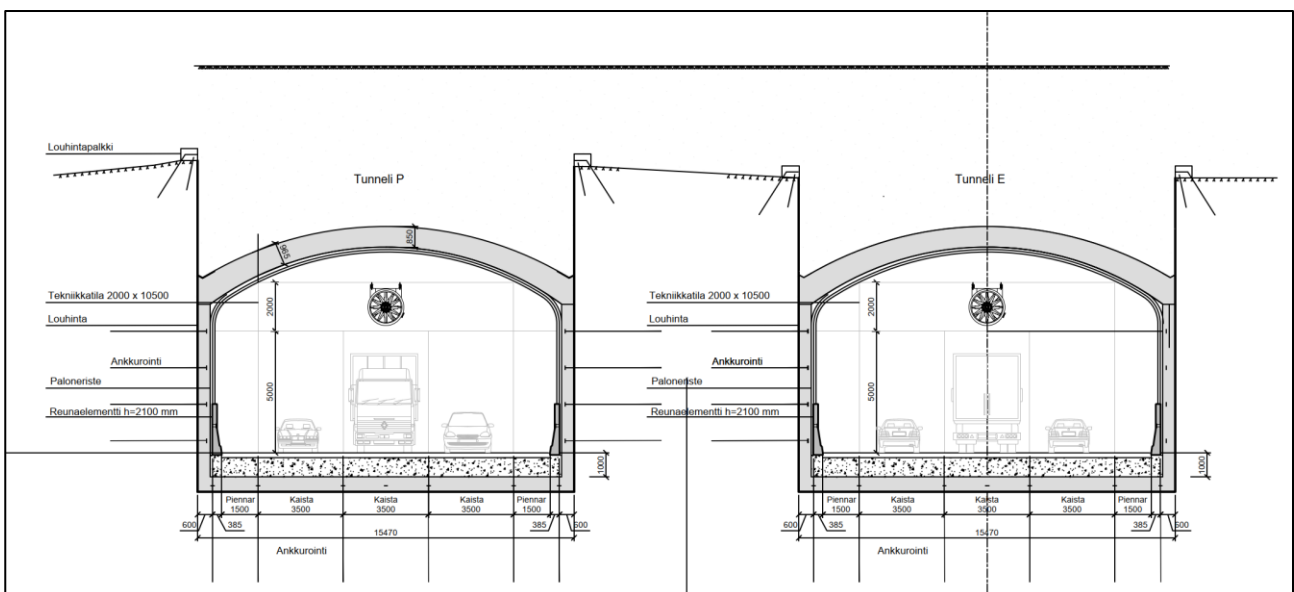
Betonitunneleiden vapaan aukon mitat perustuvat liikennetekniseen mitoitukseen, jotka on esitetty suunnitelmapiirustuksissa sekä raportin kappaleissa 3 ja 4. Betonitunneleiden poikkileikkausmitat ja jänneväli määräytyvät kaistojen lukumäärästä. Vastakkaisten ajosuuntien betonitunnelit ovat erilisiä tunneleita, joiden välissä on kalliokannas.

Alustavasti betonitunneleiden pituus on itäpäässä n. 200 m ja länsipäässä n. 120-130 m riippuen maanpinnan tasosta ja pystygeometriasta. Pituudet tarkentuvat seuraavissa suunnitteluvaiheissa kallionpintatietojen tarkentuessa.

Itäinen ja läntinen betonitunneli perustetaan pohjarakennesuunnitelman mukaisesti kallionvaraisesti. Pohjaolosuhteet on esitetty tarkemmin kappaleessa 2.

Betonitunnelirakenteet mitoitetaan Väyläviraston ohjeiden mukaan deflagraatio- painekuormalle +/- 100 kN/m², jonka kestoaika on 50 ms. Tämä vastaa polttoainesäiliöauton humahduksesta aiheutuvaa kuormaa. Lähtökohtaisesti betonitunnelin rakenteita ei mitoiteta detonaatiokuormalle (+/- 5000 kN m²). Hankekohtaisen tulkinnan kuormista tekee tunnelin hallintoviranomainen. Väyläviraston ohjeen mukaan rakenne saa vaurioitua käyttökelttomaksi, mutta se ei saa sortua räjähdyskuormien vaikutuksesta. Betonitunnelit ovat yksiaukkoisia holvirakenteita, jotka suunnitellaan vesitiiviinä ja vedenpaineen kestävinä rakenteina.

Pystygeometriasta ja kallionpinnasta johtuen holvin päälle tuleva maamassa on suurin kalliotunnelin suuaukoilla. Suuresta maamassan painosta johtuen, tässä selvityksessä tarkasteltujen betonitunneleiden holvi on suunniteltu teräsbetonikaarirakenteena (kuva 4.8). Mikäli käytetään tavanomaista suoraa laattaa tulee rakennepaksuudesta kohtuuton, eikä se ole tässä suunnitteluvaiheessa kustannustehokas, jos käytetään tavanomaisia betoniteräksiä.



Kuva 4.11. Betonitunneli, kaistat 3+3

Holvikaarirakenne tukeutuu betoniseinärakenteiden päälle, jotka on ankkuroitu kallioon. Kallioseinät ja kalliopohja toimivat muotteina teräsbetonivalulle, jolloin voidaan hyödyntää kalliota seinärakenteissa ja pohjalaatassa. Kallioseinät irtiporataan louhintapalkkia hyväksi käyttäen. Näin saadaan kallioseinän pinta mahdollisimman suoraksi. Irtiporaus suoritetaan noin 4 m syvyydelle kallionpinnasta ja loput kalliomassasta louhitaan tarkkuuslouhintana. Irtiporauksella ja tarkkuuslouhinnalla vältetään turhaa louhintaa ja betonihukkaa. Betoniseinät ankkuroidaan kallioon kuumasinkityillä harjatangoilla kuten myös betoninen pohjalaatta.

Holvin kaarirakenteen paksuus riippuu betonitunnelin päälle tulevien maamassojen kuormasta ja yläpuolisesta hyötykuormasta sekä poikkileikkauksen jännevälillä. Mikäli kaarirakenteen kohdalle osuu kallion ruhjevyöhyke, on rakenneratkaisua tutkittava. Maamassan pienentyessä holvin päältä voidaan rakenne suunnitella normaalina vesitiiviinä teräsbetonisena rengaskehänä.

Betoninen holvikaarirakenne seinärakenteineen liitetään kalliotunnelin suuaukolla olevaan teräsbetoniseen liitos- kaulus rakenteeseen. Kaulusrakenteen ja betonitunnelin väli irrotetaan toisistaan vedenpainekestävällä liikuntasaumalla.

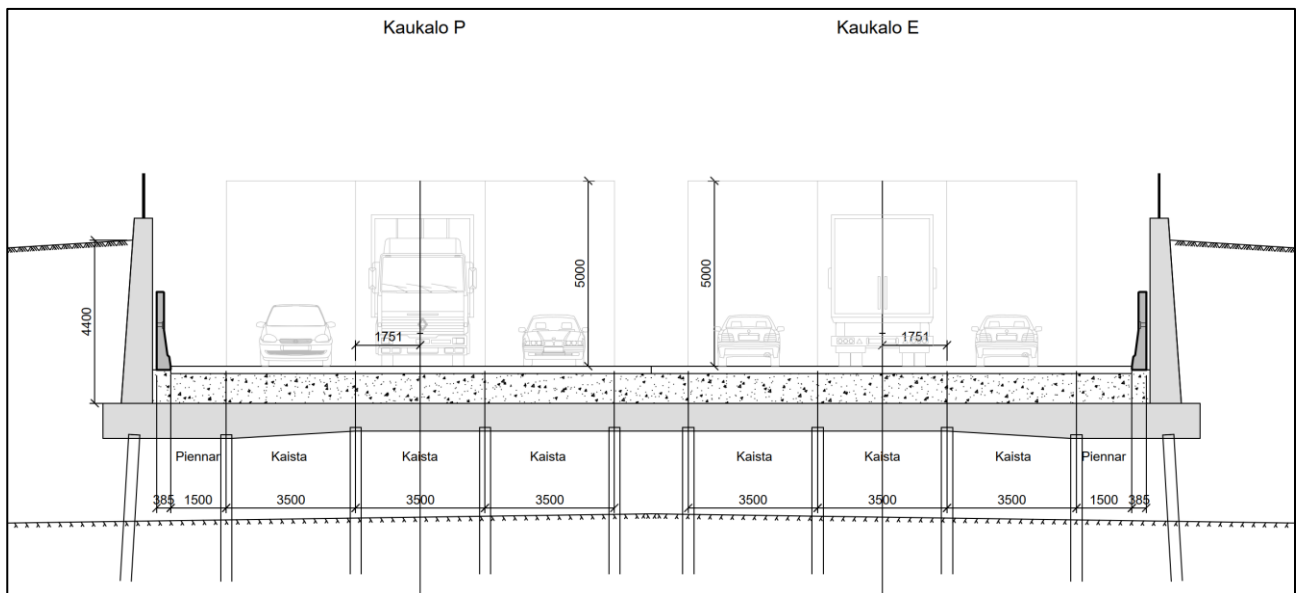
Vesitiiveyden varmistamiseksi rengaskehä ja holvikaarirakenne vuorataan vedenpaine-eristeellä, esimerkiksi bentoniittieristeellä. Betonirakenteet varustetaan vedenpaineenkestävillä liikuntasaumojilla. Saumat ovat yleisiä vuotokohtia ja niiden korjaukset ovat jälkikäteen vaikeita. Liikuntasaumajako ja sen rakenneratkaisu tarkentuu seuraavassa suunnitteluvaiheessa.

Kaikki betonitunnelin kantavat rakenteet palonsuojataan Väyläviraston ohjeen mukaiselle palokuormalle. Yleensä betonirakenteet suojataan palonsuojalevyillä tai ruiskutettavilla palonkestomassoilla tai ylimitoitetaan betonirakenne. Tilavarauksen palonsuojamateriaalille on alustavasti 100 mm seinille ja holvin alapintaan.

Pohjalaatan päälle varataan soratäyttöä noin 1 metri kuivatukselle ja muille kaapelivarauksille.

Avokaukalot

Betonitunnelien jatkeena rakenteet jatkuvat betonisena avokaukalorakenteena kaikilla tunnelin suuaukoilla. Eri ajosuuntien avokaukalorakenteet yhdistyvät itäisellä suuaukolla. Läntisellä suuaukolla avokaukalorakenteet pysyvät erillisinä. Avokaukalon leveys riippuu kaistojen lukumäärästä. Avokaukalot perustetaan porapaaluille ja ankkuroidaan kallioon. Perustuksina käytettävät porapaalut toimivat samalla myös veden nostetta vastaan. Avokaukalorakenteen pohjalaatan päälle varataan noin 1 m korkea täyttökerros tekniikkavarauksille. Myös täyttökerros toimii vastapainona veden nostelle.



Kuva 4.11. Betonirakenteinen avokaukalo, kaistat 3+3

Vesitiiviit kaukalarakenteet suunnitellaan maan ja veden paineelle. Avokaukalon rakenteessa on huomioitava myös tulvakorkeus ja tarvittaessa veden tulo tunneliin estetään poikittaisella patorakenteella. Vedeneristykseenä vedenpainetta vastaan avokaukalo vuorataan ulkopuolelta vedenpaine-eristeellä esimerkiksi bentoniittimatolla.

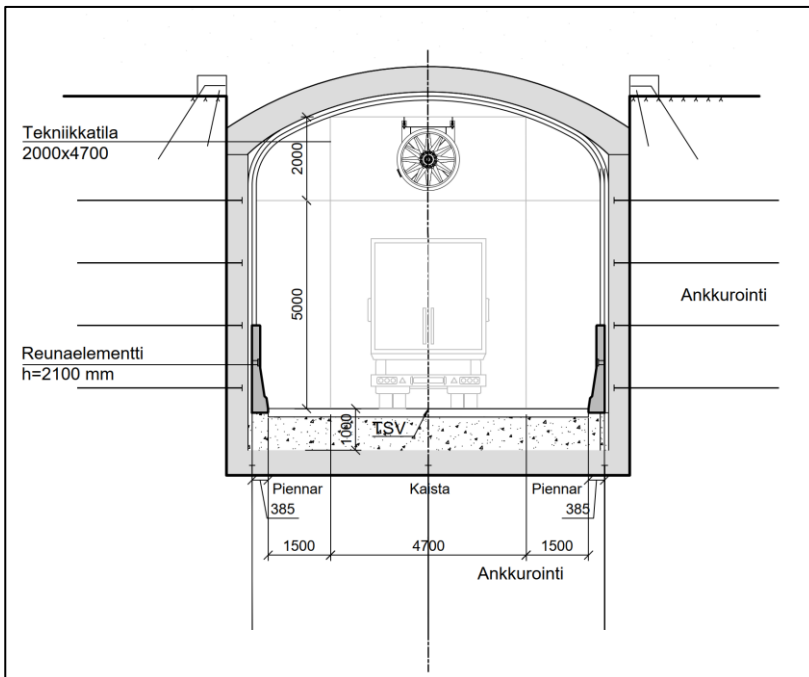
Kaukalon seinän ja pohjalaatan paksuus riippuvat maakerrosten korkeudesta, liikennekuormasta ja vedenpaineesta. Kaukalot suunnitellaan Väyläviraston ohjeiden mukaisilla kuormilla, huomioiden myös liikenteen törmäyskuormat kaukalon sisällä ja ulkopuolelta kaukalon seinän yläosaan.

Avokaukalot varustetaan ns. step barrier muotoisella betonikaiteella kaukalon molemmilla reunoilla. Lisäksi tukimuurin yläreunaan asennetaan korkea suoja-aita estämään kaukaloon putoamista.

Ramppitunnelien betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet

Vaihtoehdon 1b ramppitunnelit ovat yksikaistaisia. Ramppitunnelissa on kalliotunnelin jälkeen betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet. Betonitunnelien pituudet riippuvat kalliotunnelin suuaukon sijainnista. Kalliotunnelin suuaukolla on oltava riittävä kalliokattopaksuus. Alueen kalliopinnan muodoista johtuen betoni- ja kalliotunnelien rajakohta painuu syvälle ja tämän vuoksi maamassatäyttö betonitunnelien päällä on suuri. Betonitunneliosuuksien pituuksia on mahdollista säätää vastaamaan tulevan maankäytön tarpeita. Myös avokaukalo-osuuksia ylittävät sillat ovat mahdollisia.

Rakenteena 1-kaistainen betonitunneli on samankaltainen kuten päätunneliin esitetty betonitunneliratkaisu. 1-kaistaisen betonitunnelin holvi on teräsbetoniakaaren muotoinen sekä seinät ja pohjalaatta on ankkuroitu kallioon. Rakenne on vesitiivis. Tunneli varustetaan paloeristeellä ja betonikaiteella sekä soratäytöllä pohjalaatan päälle kuten päätunnelin betonirakenteessa. Myös tekni- nen toteutus noudattaa päätunnelin toteutusta.



Kuva 4.12. Betonitunneli, ramppi

Maamassan ohentumisen myötä betonitunnelin rakenne voidaan myös toteuttaa teräsbetonisena vesitiiviinä rengaskehänä.

Pystykuilujen rakenteet

Pystykuilujen maanpäällisellä osalla valetaan kuilun reunoja myötäilevä louhintapalkki puhdistetun kalliopinnan päälle. Kuilun reunat irtiporataan tai sahataan 4 metrin syvyyteen ennen kuilun louhintatöiden aloittamista.

Kuilujen väliseinät ovat teräsbetonirakenteisia paikalla valettuja tai elementtiseiniä. Seinät ankkuroidaan kallioon kuumasinkityillä harjateräksillä.

Pohjarakenteet

Maakaivantojen tukeminen

Kalliotunnelin itäisellä suuaukolla painokairaukset ja heijarikairaukset ovat ulottuneet pääosin lähelle kalliopintaa, joten kalliotunnelin itäisten suuaukkojen, avokaukalon ja betonitunnelien maakaivannot voidaan toteuttaa kallioankkureilla tuetun ponttiseinän avulla. Ponttiseinät lyödään kallioon ja ponttiseinän alapää kiinnitetään kallioon juuritapeilla. Juuripalkki valetaan kaivun ulotuttua kalliopintaan. Juuripalkkia ei tarvita alueilla, missä kaivu ei ulotu kalliopintaan. Jos kaivussyvyys alittaa 2 metriä ja kaivutaso ei ulotu pohjavedenpinnan alapuolelle (oletettavasti +0), voidaan tilan salliessa kaivanto toteuttaa luiskattuna.

Pohjaveden pinnan alapuolelle ulottuvat maakaivannot tehdään lukkoihin lyötyjen ponttiseinien avulla. Lukkoihin lyöty ponttiseinä ja juuripalkki rajoittavat pohjaveden virtaamista kaivantoon ja kaivanto voidaan pitää kuivana pumppaamalla. Tiivistetty tuettu kaivanto rajoittaa rakentamisen vaikutusta pohjavedenpinnan tasoon. Pohjavedenpintaa tulee tarkkailla työnaikaisesti kaivannon läheisyyteen asennetuista pohjavesiputkista, jottei pohjavedenpinnan aleneminen aiheuta vaurioita puupalutetuille rakennuksille.

Kalliotunnelin läntisellä suuaukolla vastuskairaukset ovat pysähtyneet useita metrejä ennen kallionpintaa, joten todennäköisesti ponttiseinää ei saada ulotettua lähelle kalliopintaa. Läntisten suuaukkojen ja betonitunneleiden maakaivannot voidaan toteuttaa kallioankkureilla tuetun porapaaluseinän avulla. Porapaalujen kalliokiinnitys tulee injektoida, jotta pohjavesi ei vuoda porapaalun alapään ja kallion välistä kaivantoon. Läntisen suuaukon avokaukalo-osuuden maakaivanto voidaan toteuttaa osin kaukalo-osuuden länsipäässä ponttiseinin vastaavasti, kuin itäisen suuaukon kaivannot. Muilta osin avokaukalo-osuuden maakaivannot tulee tukea porapaaluseinin.

Kuilukaivannot

Vaihtoehdossa 1b esitettyjen pystykuilujen kohdalla vastuskairaukset ovat ulottuneet lähelle kalliopintaa, joten kuilukaivanto voidaan toteuttaa kallioankkurein tuetuilla ponttiseinillä. Ponttiseinät lyödään kallioon ja ponttiseinän alapää kiinnitetään kallioon juuritapeilla. Juuripalkki valetaan kaivun ulotuttua kalliopintaan. Ponttiseinät tulee lyödä lukkoon ja pohjavedenpintaa tarkkailla työnäkökäskestä kaivannon läheisyydessä.

5. Katu- ja liikennejärjestelyt

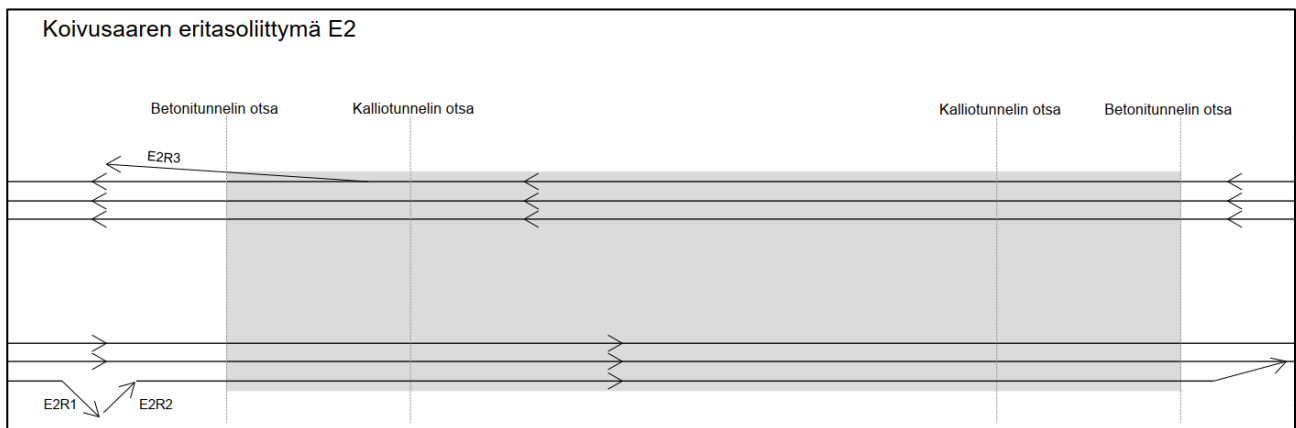
Tunnelin liikennetekninen mitoitus

Länsiväylän kalliotunneliosuudet muodostuvat kahdesta yksisuuntaisesta tunneliputkesta. Vaihtoehdoissa 1a ja 2 ei ole liittymiä ja vaihtoehdossa 1b on Lemissaaren länsiliittymät. Kaistamäärä tunneliputkissa vaihtelee kahdesta neljään riippuen vaihtoehdosta. Vaihtoehtojen 1a ja 1b kaista-kaaviot on esitetty liitteissä KATU-001 ja KATU-002.

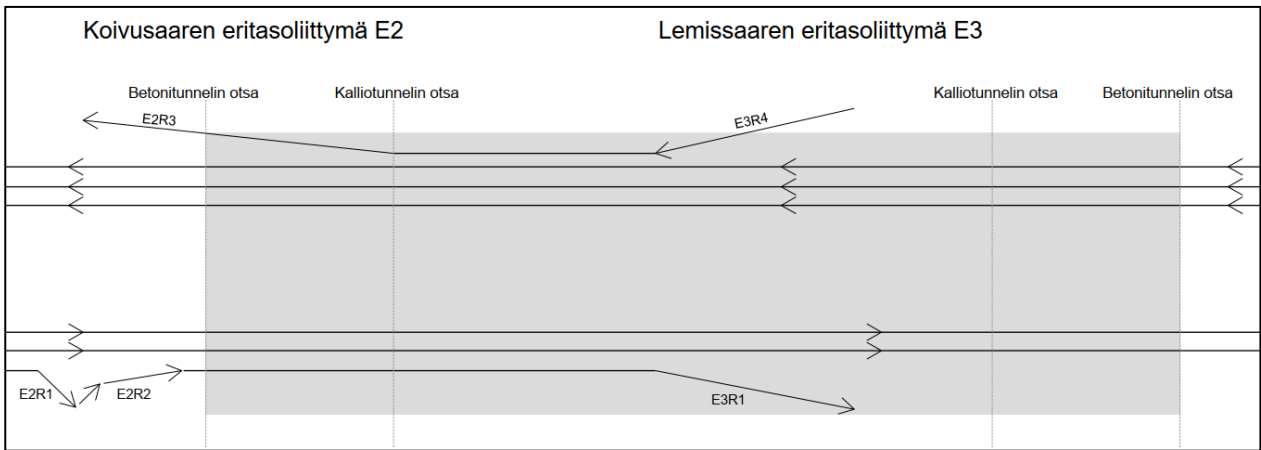
Kaistajärjestelyt

Koivusaaren eritasoliittymän kohdalla Länsiväylällä on kolme kaistaa itään ja kolme kaistaa länteen. Kolmas itään johtava kaista on alkaa juuri ennen Koivusaaren eritasoliittymää. Lapinlahden sillalla on Satamatunnelin valmistuttua kaksi kaistaa itään ja kolme länteen. Koivusaaren eritasoliittymästä Länsiväylälle itään liittyy ramppi E2R2. Rampin E2R2 liittymiskaista ulottuu tunneliin saakka.

Koivusaaresta Länsiväylälle itään liittyvä ramppi E2R2 tulisi päättää 10 sekunnissa ajettavan matkan aikana ennen betonitunnelin suuaukkoa. 80 km/h nopeudella matka on 222 m, 70 km/h nopeudella 194 m ja 60 km/h nopeudella 167 m. Rampin E2R2 ja Länsiväylän betonitunnelin suuaukon välillä on matkaa noin 100 m. Tästä aiheutuu, että nopeuksilla 60-80 km/h liittymiskaista jää liian lyhyeksi. Näin ollen Koivusaaresta liittyvän rampin E2R2 on jatkettava tunnelissa Lemissaareen erkanevana ramppitunnelina tai tunnelin itäiselle suuaukolle saakka. Itäisellä suuaukolla kolmas kaista on päätettävä avokaukalo-osuudella ennen Lapinlahden siltaa, jolle mahtuu vain kaksi kaistaa. Vaihtoehtojen 1a ja 1b kaistajärjestelyt on esitetty kuvissa 5.1 ja 5.2.



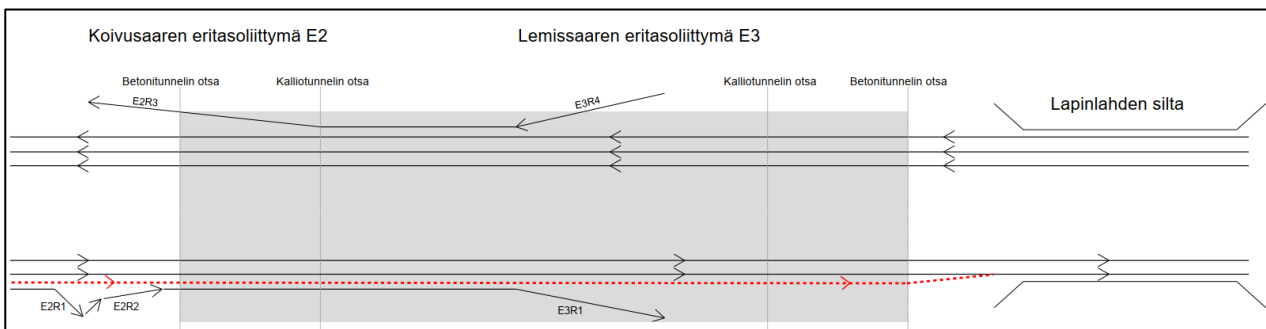
Kuva 5.1. Vaihtoehto 1a: Kaistajärjestelyt Koivusaaren eritasoliittymän ja Lapinlahden sillan välillä.



Kuva 5.2. Vaihtoehto 1b: Kaistajärjestelyt Koivusaaren ja Lemissaaren eritasoliittymien välillä.

Koivusaaren eritasoliittymän tiesuunnitelmassa on esitetty kolme itään päin suuntautuvaa kaistaa. Tässä työssä on esitetty, että vaihtoehdossa 1a kolmatta itään päin suuntautuvaa kaistaa ei aloiteta ennen Koivusaaren eritasoliittymään. Koivusaaren eritasoliittymän läpi itään tulee vain kaksi kaistaa.

Vaihtoehdoissa 1b ja 2 kolmas kaista voidaan aloittaa ennen Koivusaaren eritasoliittymää. Tällöin kaista johdetaan tunneli läpi itäiselle suuaukolle ja päätetään avo-osuudella ennen Lapinlahden siltaa (Kuvassa 5.3 punaisella merkitty kaista).



Kuva 5.3. Vaihtoehdoissa 1b ja 2 kolmas itään päin suuntautuva kaista (kuvassa punaisella) voi jatkua Koivusaaren liittymän läpi, mutta kaista tulee päättää ennen Lapinlahden siltaa.

Geometria

Koivusaaren eritasoliittymän tiesuunnitelmassa on esitetty nykyinen Vaskilahdenkanavan ylittävä Koivusaaren silta (U-1055) purettavaksi ja sillan alueella Länsiväylän tasausta on nostettu. Tässä työssä on otettu huomioon Koivusaaren eritasoliittymän tiesuunnitelmaluonnoksessa esitetty Länsiväylän tasausten nosto. Länsiväylän tasaus on tiesuunnitelmaluonnoksen mukainen PL 990 saakka, jonka jälkeen tunneli lähtee painumaan alaspäin. Idässä tunnelin tasaus saavuttaa nykyiseen Länsiväylän tasausten ennen Lapinlahden siltaa PL 2940.

Ramppien mitoitus on laadittu ohjeen "Perusverkon eritasoliittymät" mukaisesti.

Koivusaaren ja Lemissaaren eritasoliittymien erkanemis- ja liittymiskaistat yhdistyvät sekoittumisalueiksi, koska liittymät ovat lähellä toisiaan. Taulukossa 1 on esitetty ramppien maalikätkien väliset etäisyydet ja ohjeen mukaiset minimietäisyydet kahdelle lähemmäs sijaitsevalle eritasoliittymälle. Koivusaaren eritasoliittymän rampin E2R2 ja Lemissaaren rampin E3R1 välinen etäisyys

täyttää ohjearvon (80 km/h). Lemissaaren rampin E3R4 ja Koivusaaren eritasoliittymän rampin E2R3 välinen etäisyys täyttää minimietäisyyden 60 km/h.

Taulukko 1. Koivusaaren ja Lemissaaren eritasoliittymien välinen etäisyys ja ohjeen mukaiset minimietäisyydet.

	Rampin maalikärki pl.	Maalikärkien välinen ero (m)	Minimietäisyys (80km/h)	Minimietäisyys (60km/h)
Koivusaaren etl E2R2	840	650	500	400
Lemissaaren etl E3R1	1490			
Koivusaaren etl E2R3	1040	450		
Lemissaaren etl E3R4	1490			

Lemissaareen liittyvän rampin päässä ennen kiertoliittymää on otettu huomioon odotustila. Odotustilan pituus on 45 m ja kaltevuus 1,5 %. Kiertoliittymän vaatima näkemäalue on esitetty suunnitelmassa. Alueelle ei voi sijoittaa kiinteitä rakenteita tai muita näkemäesteitä.

Rampin E3R4 tasauksessa on oletettu, että pikaraitiotien tasaus on nykyisen Länsiväylän tasolla. Ramppi on tunnelissa pikaraitiotien alla. Pikaraitiotien linjauksen on oletettu olevan Länsiväylän tunneliputkien välissä, kun ramppi alittaa ratikan.

Lemissaaren ramppien päissä on otettu huomioon tulvakorkeus +3,4.

Liikennejärjestelyt

Työssä arvioitiin liikennemäärien muutoksia katuverkolla karkealla tasolla, huomioiden liittymäjärjestelyjen muutokset sekä skenaarion 3 mukaisen maankäytön tuoma liikennetuotos. Työssä ei laadittu katuverkon toimivuustarkasteluja.

Kalliotunnelivaihtoehto 1a ei sisällä liittymiä Lauttasaaren katuverkkoon. Tämän vuoksi vaihtoehdossa 1a nykyisen Lemissaaren eritasoliittymän kautta Lauttasaareen suuntautuva lännen suunnan liikenne ohjautuu tulevan Koivusaaren eritasoliittymän kautta kuormittaen Lauttasaarentietä merkittävästi. Lauttasaarentien ennusteliikennemäärä ilman tunnelia ja uutta maankäyttöä on 5500 ajoneuvoa vuorokaudessa ja Lemissaaren eritasoliittymän poisto lähes kolminkertaistaa liikenteen Lemissaarentien ja Koivusaaren ETL:n välillä. Lemissaaren eritasoliittymän poistuessa idän suunnan Lauttasaareen suuntautuva liikenne jakautuu käyttämään Koivusaaren eritasoliittymän ja Lauttasaarensillan yhteyksiä kuormittaen näin myös Lauttasaarentietä.

Vaihtoehdon 1a Lauttasaarentien liikennemäärän muutos vaikuttaa merkittävästi tien toimivuuden lisäksi myös mm. liikenneturvallisuuteen ja -meluun.

Kalliotunnelivaihtoehto 1b sisältää Lemissaaren kohdalla suuntaisliittymät lännen suuntaan. Länneistä saavuttaessa Koivusaaren eritasoliittymän erkanemiskaista ja Lemissaaren eritasoliittymän liittymiskaista muodostavat tunnelin kolmannen kaistan. Idästä saavuttaessa tunnelissa on kolme kaistaa Lapinlahden sillalta alkaen ja neljäs kaista Lemissaaren eritasoliittymän ja Koivusaaren eritasoliittymän välillä. Vaihtoehdossa ei ole yhteyttä idän eli keskustan suuntaan, joten n. 2100 ajon./vrk siirtyy Koivusaaren eritasoliittymän idän suunnasta nousevan rampin ja

Lauttasaarensillan reiteille. Lauttasaaresta itään suuntautuva liikenne tulee ohjautumaan pääosin Lauttasaarensillan kautta, joten liikennemäärä keskustan suuntaan kasvaa n. 2500 ajon./vrk.

Vaihtoehdossa 1a ja 1b skenaarion 3 mukaisen maankäytön uudet katuyhteydet liittyvät katuverkkoon Lahnalahdentien ja Lemissaarentien kautta. Lahnalahdentien kautta liittyvän alueen liikennetuotokseksi on arvioitu n. 1800 henkilöautolla tehtävää matkaa vuorokaudessa ja Lemissaarentien kautta liittyvän alueen liikennetuotokseksi n. 2200 henkilöautolla tehtävää matkaa vuorokaudessa. Arvio perustuu pääkaupunkiseudun joukkoliikennevyöhykkeen matkatuotokseen.

Muut tutkitut liikennejärjestelyt

Lemissaarentien kiertoliittymän sijaintia tarkasteltiin aluksi etelämmäksi, mutta tehokkaamman maankäytön mahdollistamiseksi kiertoliittymää siirrettiin lähemmäs nykyistä Länsiväylää. Lisäksi alueen tasoitus ja huomioitava tulvakorkeus asettivat rajoitteita kiertoliittymän sijainnille.

Lemissaaren eritasoliittymään tutkittiin idän suunnan ramppeja. Alustavan tarkastelun perusteella idän suunnat rampit ovat teknisen toteutettavuuden kannalta mahdollisia. Itäliittymien tarkempi tarkastelu päätettiin kuitenkin hylätä seuraavien syiden takia:

- Jos idästä tuleva ramppi johdetaan Maamonlahden alueen kautta, syntyy tasoristeys pikaraitiotien kanssa.
- Jos idästä tuleva ramppi toteutetaan pintayhteytenä, se vie tilaa maankäytöltä.
- Maamonlahden alueen kadut on suunniteltu rauhallisiksi tonttikaduiksi ja niitä halkova kantatien ramppi aiheuttaisi häiriöitä.
- Itään johtavasta rampista tulisi tunneliin lisäkaista, jota ei voi päättää tunnelissa. Mikäli ramppikaistaa ei saada päätettyä ennen Lapinlahden siltaa, johtaa tämä Lapinlahden sillan levennystarpeeseen.

Tulevissa suunnitteluvaiheissa idän suunnan ramppien tarve on hyvä arvioida liikenteellisen toimivuuden näkökulmasta.

6. Tekniset järjestelmät

Lämmitys ja jäähdytys

Tietunnelia ei lämmitetä.

Tunnelin yhteydessä olevat laitetilat varustetaan tilakohtaisilla sähkölämmityspattereilla. Tiloissa, jotka ovat yhteydessä ulkoilmaan voidaan lämmityksessä hyödyntää energiatehokkaita ratkaisuja kuten ilmalämpöpumppuja. Ilmalämpöpumput mahdollistavat myös jäähdytystoiminnon, mikä laite-tiloissa on lämpökuormaa. Poistumisportaiden yläpää ja jyrkät luiskat tulee lämmittää liukkauden ja jäätyneen estämiseksi.

Tietunnelissa jäätymiselle alttiit putket ja laitteet varustetaan saattolämmityksellä ja koteloimalla paikallisesti.

Mikäli kuiluyhteys tulee toteutettavaksi, pyritään laitetilat, joiden jäähdytyskuorma on merkittävä, sijoittamaan kulujen yhteyteen. Tällöin jäähdytystarve saadaan keskitettyä yhdelle alueelle ja jäähdytykseen voidaan hyödyntää kuiluyhteyttä maanpinnalle. Alustavasti kuiluja on tulossa molemmille suuaukoille.

Vesi, viemäri ja palovesi

Tunnelissa ei ole käyttöveden tarvetta. Mikäli tunnelissa tarvitaan vettä, käytetään palopostiverkosta vesilähteenä.

Palovesiverkosto on märkäjohto, joka paineistetaan pelastuslaitoksen toimesta. Palovesiverkoston syöttöpisteet ja palovesiasemat toteutetaan tunnelin suuaukkojen läheisyyteen. Paikat tarkennetaan jatkosuunnittelussa. Molemmille tunneliputkille tehdään yhteinen palovesiverkosto. Palovesiverkosta ei liitetä kiinteästi HSY:n verkkoon, vaan pelastuslaitos yhdistää palovesiaseman omalla kalustollaan tunnelin paloveden syöttöliittimeen.

Palopostit sijoitetaan tunnelissa yhdyskäytävien yhteyteen ulosotot ajotunnelin puolelle. Palovesiverkosto tulee olla suljettavissa pituussuuntaan jokaisen yhdyskäytävän kohdalta. Tunneliversiossa B ramppitunnelit varustetaan erillisillä paloposteilla.

Jätevesiviemärinti ja tunnelin kuivatusjärjestelmä keräävät kaikki tunnelin sisäpuoliset vedet erillisiin varoaltaisiin (jätevesiallas ja kuivatusvesiallas), josta vedet pumpataan edelleen kunnalliseen viemäriverkkoon. Jätevesijärjestelmä kerää tunnelin pintavedet omaan järjestelmäänsä, ja kuivatusvesijärjestelmä kerää rakenteelliset vedet omaan järjestelmäänsä.

Paineviemärit johdetaan maanpinnalle ajotunnelin tai pystykuilun kautta. Varoallaspumppaamoihin asennetaan veden laadun seurantaan vaadittavat mittalaitteet. Mikäli veden laadussa havaitaan poikkeamia. Pumppaus keskeytetään, ja veden annetaan kerääntyä varoaltaisiin. Varoaltaiden mitoitus on tyypillisesti yhden vuorokauden laskennallinen vesimäärä. Viemäriin soveltumattomat vedet kerätään esim. säiliöautoilla ja viedään jatkokäsittelyyn.

Kuivatusviemäri tehdään kaksoisviemärinä siten, että mahdollinen putken yksittäinen vika tai tukkeutuminen ei estä vesien virtausta järjestelmässä. Poistumiskäytävät, portaitot, kuilut ja

tarvittaessa laitetilat liitetään osaksi tietunnelin viemärointijärjestelmää. Jätevesiviemärit tehdään palamattomasta materiaalista.

Jätevesiviemäri ja kuivatusviemäri varustetaan tarkastuskaivoilla enintään n. 40 m välein. Jätevesikaivot varustetaan vesilukoilla.

Ulkopuolisia vesiä ei päästetä tunneliin, vaan ulkoalueiden vedet viemäroidään erikseen ja liitetään paikalliseen Hulevesien viemärointijärjestelmään.

Ilmanvaihto ja savunpoisto

Tunneleiden ilmanvaihto toteutetaan pitkittäisilmanvaihdon periaatteella. Tunnelin kattoon asennetaan, tasaisin välein, impulssipuhallinryhmiä, joilla ilma saadaan tunnelissa virtaamaan suuaukolta kuilulle, tai päinvastaiseen suuntaan.

Tunneleihin on sijoitettu poistoilmakuilu ulosajosuuntaan molempiin päihin. Poistoilmakuilut sijaitsevat tunnelin päällä ajoratojen välissä. Poistoilmakuilujen korkeus määritellään yhdessä ilmanlaatuselvitysten kanssa tulevissa suunnitteluvaiheissa. Poistoilmakuilun ja tunnelin suuaukon väliin sijoitetaan impulssipuhaltimet, jolla tunneli-ilman pääsy ulos suuaukon kautta minimoidaan, ja joilla tunnelin likaisempi ilma voidaan eristää ulkoilmasta. Ramppitunnelien ilman virtausta rajoitetaan impulssipuhaltimilla siten, että tunnelin likainen ilma virtaa ensisijaisesti päätunnelin suuntaan, eikä ramppitunneliin johdeta tarpeetonta päätunnelin virtausta. Kuilun lopullinen tarve määräytyy savunpoistolle ja ilmanlaadulle asetettavien kriteerien mukaan, ja selviää lopullisen suuaukon sijoittelun ja ympäristön yhteisvaikutuksesta.

Alustavat tilavaraukset tunnelin katossa on tehty puhaltimille nimellishalkaisijaltaan $\varnothing 1200$ mm. Puhaltimien mitoitus on tarkasteltava laatimalla riittäviä dynaamisia malleja ilman liikkeistä eri tilanteissa. Puhaltimet mitoitetaan toimimaan valitulla teholla molempiin puhallussuuntiin. Puhaltimia käytetään tunnelin ilman pitoisuuksien hallintaan ja savunpoistoon.

Helsingin maanalainen yleiskaava edellyttää tunnelien suuaukkojen ilmanlaadun täyttävän asumisen ja asuinrakennusten edellyttämät vaatimukset (Helsingin maanalainen yleiskaava 2021, kaavanumero 12704, Koko kaava-alueella koskevat yleiskaavamääräykset).

Tunnelin savunpoiston mitoitusnopeus on vähintään 3 m/s liikenteen ollessa pysähtyneenä ja ulkoisen tuulennopeuden ollessa 8 /m tunnelin suuaukolla. Tunnelin poikkileikkauksen pinta-alassa ja suuaukoilla olevia paikallisia suurempia pinta-aloja ei huomioida.

Yhdystunnelit toimivat uloskäytävinä ajoneuvotunnelista toiseen onnettomuustilanteissa. Yhdystunneleihin asennetaan ilmanvaihtolaitteet, joilla tila ylipaineistetaan onnettomuustilanteessa. Näin estetään savun virtaus tunnelista toiseen. Normaalitylanteissa laitteistoa käytetään yhdystunnelin perusilmanvaihdossa.

Ilmanvaihdon toiminta

Normaalitylanteessa ilmanvaihto tunnelissa toimii liikenteen määntävaikutuksesta. Ilman liikettä tehostetaan tarvittaessa, esimerkiksi huoltotoimien aikana tai vastatuulen ollessa epäedullinen, impulssipuhaltimilla (pitkittäisilmanvaihto).

Sähkötilojen ja poistumiskäytävän ilmastoinnin tarkoitus on turvata riittävä ilmanvaihto, ja silloin kun mitoitus sallii, tuoda riittävä ulkoilma/jäähdytysilma sähkölaitteiden jäähdytykseen.

Muualla kuin kuilujen yhteydessä sähkötilojen, pumppaamojen ja yhdyskäytävien tuloilmapuhallin ottaa ilman tietunnelista ja kierrättää sitä huonetiloissa. Poisto tapahtuu ylipaineella takaisin tietunneliin. Kuilujen yhteydessä olevien laitetilojen tuloilma pyritään ottamaan maanpinnalta, jolloin näiden tilojen ilmanvaihto varmistetaan myös esim. palotilanteissa.

Sähköiset jälkilämmityspatterit pitävät tuloilman riittävän lämpimänä kylmänä ajanjaksona.

Savunpoiston toiminta

Savut poistetaan tunnelista tunnelien suuaukkojen kautta. Poistoilmakuiluja ei käytetä savunpoistoon. Tunnelien savunpoiston suunta on ensisijaisesti liikenteen suuntaan. Savut poistetaan tunnelin ulosajo -päästä. Sisään ajettavan ramppitunnelin savut poistetaan päätunnelin kautta ja ulosajettavan ramppitunnelin savut poistetaan ramppitunnelin suuaukolle. Näin turvataan parhaiten käyttäjien turvallisuus ja toiminta palotilanteessa. Vastaavasti korvausilma otetaan sisäänajosuukolta. Puhtaan tunnelin ilmanvirtauksen suunta valitaan siten, että poistuvat savukaasut eivät pääse palamaan tunneliin. Lähellä sisäänajoaukkoa savunpoiston suunta voi olla käänteinen, jolloin savua ei johdeta koko tunnelin läpi, vaan vasten liikenteen kulkusuuntaa. Käänteisen savunpoiston alue tulee määritellä jatkosuunnittelussa.

Tietunnelin varren laitetilojen ja vastaavien savutuuletus hoidetaan tietunnelin kautta

Onnettomuustilanteissa, viereisen (puhtaan) tunnelin toimiessa turvallisena tilana, viereiseen tunneliin johdetaan puhdasta ilmaa hyödyntäen tunnelin impulssipuhaltimia.

Rakennusautomaatio

Automaatiojärjestelmän tiedon siirto ja hallinta tapahtuu liikenteenhallintajärjestelmän kautta.

Järjestelmä rakentuu:

- liittynästä liikenteenhallintajärjestelmään ja siihen tarvittavasta ohjelmistosta
- tiedonsiirtoyhteydestä valvomon ja logiikoiden välillä
- itsenäisistä, vapaasti ohjelmoitavista logiikoista
- kenttälaitteista sekä liitännöistä muihin sähkö ja LVI-laitteisiin

Sähkö-, tele-, turva- ja valaistus

Sähkönjakelu

Tunneli liitetään energialaitoksen verkkoon keskijänniteliittymänä. Lisäksi poikkeus- ja häiriötilanteita varten tunneliin sähkönsyöttö varmistetaan kahden eri muuntopiirin syötönvaihdolla tai varavoimakoneella. Varavoimakapelit toteutetaan palonkestävinä.

Varavoiman lisäksi tunneleissa käytetään UPS-järjestelmiä turvaamaan katkoton sähkön syöttö turvallisuuteen vaikuttaville järjestelmille. Näitä järjestelmiä ovat mm:

- turva- ja hälytysjärjestelmät
- tiedonsiirtolaitteet
- ohjausjärjestelmät.

Huolto- ja pelastustoimintaa varten tunneliin asennetaan pistorasiakeskukset noin 150 m välein esim. yhdyskäytävien yhteyteen.

Valaistus

Tunnelin suuaukkojen valaistus suunnitellaan tieliikennetunnelin valaistusperiaatteita noudattaen. Tunnelivalaistus jaetaan kolmeen eri valaistustilanteeseen yövalaistus, päivävalaistus ja turvavalistus. Tunnelivalaistusta ohjataan automaattisesti ympäristön kirkkauden mukaan siten, että kynys- ja siirtymäalueen luminanssi olisi oikeassa suhteessa lähestymisluminanssiin.

Turvavalauksella opastetaan häiriötilanteissa turvalliset poistumisreitit. Turvavalistus akkuvarmennetaan. Turva- ja poistumisopastevalaisimet sijoitetaan molempiin tunneliputkiin yhdyskäytävien puoleiselle seinälle noin 1.5 m korkeuteen.

Lisäksi tunneli varustetaan varavalauksella, joka pysyy päällä normaalin sähkönsyötön katkessa. Varavalauksen sähkö liitetään varavoimaan.

Koska suuaukot ovat suoraan itään ja länteen, suuaukkojen yhteyteen järjestetään häikäisynestorakenteet.

Paloilmoitinjärjestelmä

Tunneliin suunnitellaan toteutettavaksi linjalämpöilmaisimeen perustuva palokelloin varustettu automaattinen paloilmoitinjärjestelmä. Yhdyskäytävät yms. tilat varustetaan pisteilmaisimin. Paloilmoitinkeskuksien käyttölaitteet sijoitetaan tunnelin suuaukkojen läheisyyteen.

Lisäksi hätäasemien yhteyteen (suuaukoille ja yhdyskäytävien yhteyteen) sijoitetaan palopainikkeet.

Hätäpuhelinjärjestelmät

Hätäasemien yhteyteen (suuaukoille ja yhdyskäytävien yhteyteen) sijoitetaan hätäpuhelimet. Hätäpuhelimet liitetään ip-verkon kautta hätäkeskukseen.

Yleiskaapelointijärjestelmät

Tunneli varustetaan yleiskaapelointijärjestelmällä, johon liitetään ip-verkon järjestelmät.

Tunnelista rakennetaan kiinteä tietoliikenneyhteys tunnelista valvomoon.

Matkapuhelinverkko

Matkapuhelinverkon toimivuuden varmistamiseksi tunneliin suositellaan asennettavaksi vuotava kaapeli tmv. järjestelmä ja varataan tilat operaattoreiden laitekaappeja varten.

Kenttäpuhelinverkko

Tunneli varustetaan pelastuslaitoksen kenttäpuhelinverkolla. Muut pelastuslaitoksen viestiyhteydet suunnitellaan pelastuslaitoksen määräysten mukaan.

VIRVE-verkko

Tunneli varustetaan kaikki tilat kattavalla VIRVE-verkolla.

Kuulutusjärjestelmä

Tunneli varustetaan kaikki tilat kattavalla kuulutusjärjestelmällä.

7. Työnaikaiset järjestelyt

Länsiväylän kalliotunneleiden louhinnan toteuttamista rajoittaa toiminta rakennetussa ympäristössä. Esimerkiksi räjäytystöiden ja louheen ajon osalta rakentamiselle voidaan osoittaa rajoituksia. Tunnelin rakentamistöiden ajoittamisella ja työvaiheiden hallitulla vaiheistamisella häiriöt alueen muille toimijoille sekä Länsiväylän liikenteelle pyritään pitämään mahdollisimman pieninä.

Kalliotunneleiden louhinta metron ajotunnelin kautta vähentää kalliotunneleiden louhinnasta aiheutuvia häiriöitä. Erillinen ajotunneli mahdollistaa myös tehokkaamman ja edullisemman kalliotunnelin moniperälouhinnan nousuperiä käyttäen. Tunnelleiden suuaukoilta louhitaan vain tunneleiden suuaukkojen vaatimat avolouhinnat ja tunneleiden alkuosat. Tunnelin rakentamisaika pienenee, koska kalliotunneleiden louhintaa voidaan tehdä samanaikaisesti kuin töitä betonitunneliosuuksien ja avokaukalojen alueilla. Kokonaisrakennusajan minimoiminen lyhentää tunnelin rakentamisesta aiheutuvien häiriöiden kestoa. Tunnelin rakentamisaika on alustavan arvion mukaan noin 3 - 3,5 vuotta. Jatkosuunnittelussa tulee tutkia louheen käyttömahdollisuutta skenaariossa 3 esitettyihin merityhtiin. Paikallinen louheen hyödyntäminen vähentää sekä liikennesuoritteita että päästöjä.

Ennen betonitunneli- ja avokaukalo-osuuksien rakentamista on tehtävä näillä alueilla tarvittavat johto- ja putkisiirrot. Betonitunneliosuudet rakennetaan tuettuihin, kokonaan päältä avattuihin kaivantoihin. Kaivannoissa joudutaan molemmissa tunnelin päissä tekemään avolouhintoja. Betonitunneli- ja avokaukalo-osuuksia voidaan rakentaa puoli kerrallaan siten, että Länsiväylän liikenne ohjataan kulkemaan työmaan ohi suppeampaa kaistamäärää pitkin.

Tunnelin rakentamista varten tarvitaan työmaatukikohta esimerkiksi ajotunnelin suuaukon läheisyyteen. Lisäksi työmaa-alueita/tukialueita tarvitaan molempien suuaukkojen läheisyydestä.

Alustava työjärjestys Länsiväylän kalliotunnelin rakentamiselle vaihtoehdossa 1a:

- 1) Työmaan perustaminen
- 2) Ajotunnelin louhinta
- 3) Kalliotunnelin louhinta itään ja länteen
 - Louheen kuljetus ajotunnelista Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän kautta

- 4) Läntisen betonitunneli- ja avokaukaloalueen kaivanto- ja louhintatyöt puoli kerrallaan
 - Louheen kuljetus ajotunnelista Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän kautta
- 5) Läntisen betonitunnelin ja avokaukalon rakennustekniset työt -> Valmis läntinen betonitunneli ja avokaukalo
- 6) Samanaikaisesti betonitunneli- ja avokaukalotöiden kanssa kalliotunneliosuuden rakennustekniset työt (sisustus) tunneliputki kerrallaan ajotunnelin kautta

- 7) Itäisen betonitunneli- ja avokaukaloalueen kaivanto- ja louhintatyöt puoli kerrallaan
 - Louheen kuljetus Länsiväylän tunnelin läntisen suuaukon kautta
- 8) Itäisen betonitunnelin ja avokaukalon rakennustekniset työt -> Valmis itäinen betonitunneli ja avokaukalo

- 9) Työnaikaisten järjestelyjen purku ja tunnelin käyttöönotto

Alustava työjärjestys Länsiväylän kalliotunnelin rakentamiselle vaihtoehdossa 1b:

- 1) Työmaan perustaminen
- 2) Ajotunnelin louhinta
- 3) Kalliotunnelin ja ramppitunneleiden louhinta
 - Louheen kuljetus ajotunnelista Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän kautta
- 4) Pystykuilujen louhinta

- 5) Läntisen betonitunneli- ja avokaukaloalueen kaivanto- ja louhintatyöt puoli kerrallaan
 - Louheen ja maamassojen kuljetus ajotunnelista Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän kautta
- 6) Läntisen betonitunnelin ja avokaukalon rakennustekniset työt -> Valmis läntinen betonitunneli ja avokaukalo
- 7) Samanaikaisesti läntisen betonitunneli- ja avokaukaloalueen töiden kanssa ramppitunnelin E3R1 betonitunneli- ja avokaukalo-osuuden kaivanto- ja louhintatyöt (länneestä Lemissaareen johtava ramppi)
 - Louheen ja maamassojen kuljetus ajotunnelista Lemissaaren nykyisen eritasoliittymän kautta
- 8) Lemissaarentien kiertoliittymän ja uusien katujärjestelyiden rakentaminen sekä ramppitunnelin E3R1 rakennustekniset työt

- 9) Itäisen betonitunneli- ja avokaukaloalueen kaivanto- ja louhintatyöt puoli kerrallaan
 - Louheen ja maamassojen kuljetus Länsiväylän tunnelin läntisen suuaukon kautta
- 10) Itäisen betonitunnelin ja avokaukalon rakennustekniset työt -> Valmis itäinen betonitunneli ja avokaukalo
- 11) Samanaikaisesti betonitunneli- ja avokaukalotöiden kanssa kalliotunneliosuuden rakennustekniset (sisustus) työt tunneliputki kerrallaan ajotunnelin kautta

- 12) Ramppitunnelin E3R4 betonitunneli- ja avokaukalo-osuuden kaivanto- ja louhintatyöt (länneen Lemissaaresta johtava ramppi)
 - Louheen ja maamassojen kuljetus Länsiväylän tunnelin valmiin läntisen suuaukon kautta
 - Länsiväylän alitus tehdään puoli kerrallaan, valmiin kaivannon yli rakennetaan työnaikaiset sillat
- 13) Ramppitunnelin E3R4 betonitunnelin ja avokaukalon rakennustekniset työt

- 14) Työnaikaisten järjestelyjen purku ja tunnelin käyttöönotto

8. Vaihtoehtojen vertailu

Vaihtoehtojen perustiedot

Taulukko 2. Tunneliosuuksien pituudet keskimittalinjaa pitkin

TUNNELIOSUUS		VE1a, pituus (m)	VE1b pituus (m)	VE2 pituus (m)
Kalliotunnelit	Päätunneli länteen	1186	1186	612
	Päätunneli itään	1186	1186	612
	Ramppitunneli E3R4	0	280	0
	Ramppitunneli E3R1	0	317	0
Betonitunnelit, länsipää	Päätunneli länteen	120	120	129
	Päätunneli itään	120	120	129
Betonitunnelit, itäpää	Päätunneli länteen	195	195	142
	Päätunneli itään	195	195	142
	Ramppitunneli E3R4	0	208	0
	Ramppitunneli E3R1	0	229	0
Avokaukalo-osuudet, länsipää	Päätunneli länteen	164	164	175
	Päätunneli itään	164	164	175
Avokaukalo-osuudet, itäpää	Päätunneli länteen *)	285	285	332
	Päätunneli itään *)	0	0	285
	Ramppitunneli E3R4	0	55	0
	Ramppitunneli E3R1	0	68	0
	Ramppitunneleiden yhteinen avokaukalo-osuus	0	106	0
Päätunnelin pituus keskimittalinjaa pitkin (kalliotunneli- ja betonitunneliosuudet)		1501	1501	883
Päätunnelin avokaukalo-osuuksien pituus keskimittalinjaa pitkin (avokaukalo-osuudet)		449	449	484
Ramppitunneleiden E3R4 ja E3R1 pituus (kalliotunneli- ja betonitunneliosuudet)		0	1034	0
Ramppitunneleiden avokaukalo-osuuksien pituus (avokaukalo-osuudet)		0	229	0
Ajotunneli (m)		410	410	348
Pystykuilut (m)		0	20+17	0
Yhdyskäytävät (kpl)		10	10	5

*) Päätunnelin länsipäässä tunneliputkilla on yhteinen avokaukalo-osuus vaihtoehdoissa 1a ja 1b

Teknis-liikenteellinen vertailu

Tunnelin linjausvaihtoehtojen teknisiä ja liikenteellisiä ominaisuuksia on vertailtu taulukossa 3.

Taulukko 3 Tunnelivaihtoehtojen teknisten ominaisuuksien vertailu.

Tekninen ominaisuus	VE1a	VE1b	VE2
Liikenteen sujuvuus Länsiväylällä ja tunnelissa	-	+	++
Liikenteen sujuvuus Lauttasaarella	--	+	++
Liikenteen sujuvuus Koivusaaren liittymässä	--	+	++
Maankäytön mahdollisuudet	++	+	--
Vaikutukset Länsiväylän lähiympäristölle (melu)	++	++	-
Uusien järjestelyjen ja rakentamisen tarve Länsipäässä	-	-	-
Uusien järjestelyjen ja rakentamisen tarve Itäpäässä	--	-	+
Uusien järjestelyjen ja rakentamisen tarve Lemissaaren risteysalueella	-	+	++
Olemassa olevien katujen ja rakenteiden purun tai siirron haitat	++	+	--
Yhteensovitus pikaraitiotien ja baanan kanssa	++	+	--
Geotekninen rakennettavuus ja pohjavesivaikutukset	+	--	-
Kalliotekninen rakennettavuus	++	+	++
Työnaikaiset häiriöt liikenteelle	+	--	-
Yhteensä	+3	+4	+1

Vertailuasteikko on subjektiivinen ja se perustuu konsultin asiantuntijuuteen ja kokemukseen. Vertailuasteikossa kunkin linjausvaihtoehdon teknisten ja liikenteellisten ominaisuuksien etuja ja haittoja on verrattu muihin vaihtoehtoihin asteikolla:

Erinomainen	++
Hyvä	+
Välttävä	-
Huono	--

Vaihtoehto 2 on otettu mukaan vaihtoehtovertiluun, mutta siitä tehdyt suunnitelmat ovat periaate-tasoisia ja vertailutaulukon arviot siitä syystä suuntaa-antavia.

Johtopäätökset linjausvaihtoehtojen vertailusta

Vaihtoehto 1 a on maankäytöllisesti ja rakennettavuudeltaan toimivin vaihtoehto, mutta sen heikkou-tena on liikenteellinen sujuvuus erityisesti Lauttasaaren alueella ja Koivusaaren eritasoliittymässä. Vaihtoehdossa 1a suurin osa liikenteestä Länsiväylältä Lauttasaareen ja Lauttasaaresta Länsi-väylälle tapahtuu Koivusaaren eritasoliittymän kautta. Lemissaaren liittymien puute lisää myös Laut-tasaaren läpiajoliikennettä.

Vaihtoehto 1b on liikenteellisen sujuvuuden kannalta hyvä, mutta sen heikkoutena on suuremmat työnaikaiset häiriöt ja geoteknisen rakennettavuuden haasteet verrattuna vaihtoehtoon 1a. Vaihtoehdossa 1b on rakennettava päätunnelin lisäksi ramppitunneleiden betoni- ja avokaukalo-osuudet, jotka vaativat merkittäviä työnaikaisia järjestelyjä ja töiden vaiheistamista Länsiväylän kohdalla. Etuna vaihtoehdossa 1b on Lemissaaren länsirampit, jotka vähentävät Koivusaaren liittymän ja Lautasaaren sisäisen liikenteen kuormitusta.

Vaihtoehto 2 on liikenteellisiltä ominaisuuksiltaan toimivin, mutta sen heikkoutena on maankäyttöllisten mahdollisuuksien vähäisempi määrä. Vaihtoehdossa 2 yhteensovitus pikaraitiotien ja baanan kanssa aiheuttaa merkittäviä haasteita itäpäässä suunnittelualuetta. Pikaraitiotie ja baana on johdettava sillalla Lemissaaren ramppien yli. Etuna vaihtoehdossa 2 on Lemissaaren liittymän säilyminen nykyisellään. Lisäksi VE2 vaikutukset nykyiseen Länsiväylään ovat huomattavasti vähäisemmät kuin muissa vaihtoehtoissa eikä Lemissaaren liittymään ei välttämättä tarvita lainkaan rakenneteknisiä muutoksia.

9. Kustannusarvio

Lähtökohdat

Kustannusarvion laadinnan yhteydessä ei ole tehty maa- ja kallioperätutkimuksia. Kustannusarvio perustuu tämän toteutettavuusselvityksen suunnitelmiin ja käytettävissä olleisiin lähtötietoihin.

Kustannusarvio sisältää:

- Kalliotunnelit ja -tilat
- Kuilut
- Betonitunnelit
- Avokaukalot
- Kalliotilojen betonirakenteet
- Talotekniset järjestelmät kokonaisuutena
- Ajotunnelin
- Työmaan yhteiskustannukset, rakennuttamisen ja suunnittelun kustannukset sekä varaukset riskeille

Kalliotilojen kustannuksissa on huomioitu kallion tiivistäminen, kalliotilojen louhinta, kallion lujitukset kalliolaadun mukaisesti sekä avolouhinnat.

Betonitunneli ja -tukimuurikustannuksissa on huomioitu betoniset tukimuurit sekä betonitunnelin ulkoseinät ja yläpohja.

Avoleikkausten kaivussa on huomioitu betonitunneli ja -tukimuuriosuuksien avokaivannot sekä kaivantojen työnaikaiset tukirakenteet.

Järjestelmissä (LVIS) on huomioitu tunnelin taloteknisten järjestelmien kustannukset kokonaisuutena.

Louheen, pengeri- ja kerrosrakenteiden oletuskuljetusmatkana kustannusarviossa on käytetty 1-5 km.

Kustannusarvio ei sisällä:

- Odottamattomien kustannusten riskejä
- Mahdollisten vaativien työaikaisten järjestelyjen kustannuksia

Kustannuslaskenta on tehty Fore-kustannuslaskentaohjelmiston hankeosalaskennalla. Fore-laskentaohjelman antama betonitunneleiden hankeosalaskennalla on suunnittelijan arvion mukaan tähän kohteeseen liian alhainen, koska hankeosalaskennassa käytetyn betonitunnelin mitat ovat pienempiä kuin tämän hankkeen monikaistaiset tietunnelit. Kustannusarvioissa betonitunneliosuuksien hintaa on nostettu suunnittelijan kokemuksen ja olemassa olevien referenssikohteiden perusteella.

Kokonaishinnan muodostuminen

Kokonaiskustannusten laskenta on tehty Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluviraston teknis-taloudellisen toimiston 2.6.2015 esittämien laskenta- ja esitysperiaatteiden mukaisesti.

Laskennassa käytetyillä yksikköhinnoilla saatuihin rakennuskustannuksiin (Alv 0 %) lisätään 25 % työmaan yhteiskustannuksia (urakoitsijan kate + työmaan käyttö- ja yhteiskulut).

Näin määritettyyn rakennustöiden kustannusarvioon (Alv 0 %) lisätään tämän jälkeen rakennuttamisen ja suunnittelun kustannuksina 15 % rakennustöiden kustannuksista ja tulokseksi saadaan rakentamisen ja suunnittelun kustannusarvio.

Helsingin kaupungin kustannuksia määritettäessä rakentamisen ja suunnittelun kustannuksiin lisätään nimikekohtaisesti seuraavat varaukset:

- kustannusnousuvaraus hintariskeille 10 %
- kustannusnousuvaraus määräriskeille 15 %
- varaus ennalta-arvaamattomille kustannuksille 10 %
- suhdannekorjaus (tarvittaessa) 0 %.

Kustannusarvioon ei ole sisällytetty erillistä odottamattomien kustannusten kustannusriskiä. Käytetty investointikustannusten laskentatapa käsittää varauksina ainoastaan osuuden määräriskille ja hintariskille, eikä erikseen ota huomioon muita riskitekijöitä. Muita kustannusriskin muodostavia riskitekijöitä ovat esimerkiksi:

- Logistiikan vaativuudesta johtuvat kustannuslisät
- Poikkeuksellisiin haasteisiin varautuminen (esim. työmaa- ja liikennejärjestelyt ja viivästykset)
- Yllätysobjekteihin varautuminen maan alla (kaivannot)
- Kallion ennakoimaton heikkous ja varautuminen erikoisempiin suunnitteluratkaisuihin
- Muiden alueellisten toimijoiden ja toimien aiheuttamat lisävaateet rakentamiselle sekä niiden riskitekijät
- Tuntemattomat ja arvaamattomat tekijät (contingency)

Hankkeen budjettiarviota varten suositellaan nämä tekijät arvioitavan erikseen sekä huomioimaan muun muassa mahdolliset ratkaisumuutokset, lupaprosesseista johtuvat vaatimukset, mahdolliset vaiheistukset, toteutusaikatauluraamit ja urakoitsijan riskivaraumat hankinnoissa.

Arvio maanalaisten tilojen rakentamiskustannuksista

Vaihtoehtojen 1a ja 1b kustannukset on esitetty taulukossa 4. Vaihtoehdon 1a kustannukset ovat 245,5 miljoonaa euroa ja vaihtoehdon 1b rakentamiskustannukset 339,9 miljoonaa euroa. Kustannusarvio on esitetty vuodenvaihteen 2022/2023 hintatasossa (MAKU: 130 (2015=100)).

Taulukko 4. Kustannusarvio vaihtoehdoille 1a ja 1b

KUSTANNUKSET	VE1a (milj. €)	VE1b (milj. €)
Kalliotunnelit	41,9	45,9
Betonitunnelit	63,1	61,8
Avokaukalot	15,2	15,8
Päällysrakenteet	3,9	3,7
Ramppitunnelit	0	40,8
Ramppien päällysrakenteet	0	0,7
Katujärjestelyt Lemissaaressa	0	0,9
Ajotunneli	2,5	2,5
Rakennuskustannukset yhteensä	126,6	172,1
Työmaatehtävät 25 %	158,2	215,0
Tilaaajatehtävät 15 %	181,9	347,3
Varaukset 35 %	245,5	336,9
Koko hanke yhteensä	245,5	339,9

Johtopäätökset kustannusarviosta

Länsiväylän tunnelin rakentamiskustannukset ovat edullisemmat vaihtoehdossa 1a kuin vaihtoehdossa 1b. Vaihtoehtojen kustannusero selittyy pääosin laajuuserolla. Vaihtoehto 1b sisältää Koivusaaresta Lapinlahden sillalle johtavan päätunnelin lisäksi kaksi ramppitunneliä Lemissaareen. Ramppitunneleista johtuen päätunnelin länsipään kaistamäärät ovat vaihtoehdossa 1b suuremmat. Lemissaaren ramppitunneleissa on maa- ja kallioperän pinnanmuodoista johtuen pitkät betonitunneliosuudet.

Betonitunneleiden hintaa nostavat paksut maapeitteet ja meren rannan täyttöalueella tarvittavat vesitiiviit rakenneratkaisut.

Vaihtoehdon 2 kustannuksia ei ole arvioitu, mutta ne ovat pienemmän laajuuden myötä alhaisemmat kuin vaihtoehtojen 1a ja 1b.

Kustannusarviossa ei ole huomioitu työnaikaisia järjestelyjä ja johtosiirtoja, joista aiheutuu kustannuksia ja aikatauluvaikutuksia. Rakentamisen aikana Länsiväylän liikenteen sujuminen on turvattu ja tästä syystä rakennustöitä on vaiheistettava. Ajotunnelin käyttöönotto vähentää Länsiväylän liikenteelle aiheutuvia häiriöitä kalliotunneliosuudella. Betonitunneli- ja avokaukalo-osuudet edellyttävät avokaivantoja. Ajotunneliä on mahdollista käyttää myös maakaivanto- ja avolouhintamassojen kuljettamiseen, mutta osittain kaivantotöitä joudutaan tekemään sulkemalla osa Länsiväylän kaistoista.

Johtosiirtojen kustannusvaikutus on melko pieni vaihtoehdoissa 1a ja 2. Vaihtoehdossa 1b useiden betonitunneli- ja avokaukalo-osuuksien rakentaminen lisää johtosiirtojen tarvetta ja niistä aiheutu-
via kustannuksia.

10. Päästölaskenta

Lähtökohdat

Päästölaskenta laadittiin yhtäaikaaisesti kustannuslaskennan kanssa. Laskentaan käytettiin Fore-kustannuslaskentaohjelmiston CO₂-laajennusta, joka laskee ohjelmaan syötettyjen panosten päästöt mittayksikössä hiilidioksidiekvivalentti (kgCO₂e). Hiilidioksidiekvivalentti on erilaisista kasvihuonekaasupäästöistä yhteismitallistettu arvo, joka kuvastaa hiilidioksidin lämpenemisvaikutusta 100 vuodessa.

Laskentaohjelman päästölaskenta perustuu ohjelmassa määritellyille panosten päästökertoimille, jotka on määritetty yhdessä Teknologian tutkimuskeskus VTT:n kanssa, jonka lisäksi Rapal Oy on lisännyt päästökertoimia muille samankaltaisille panoksille. Rakennusosien päästökertoimet puolestaan muodostuvat panosten päästökertoimista, kun panosten päästöarvoille on määritetty rakennusosa -laskentaa varten työsaavutus tai -määrä, jonka mukaan ohjelma laskee panoksen rakennusosakohtaisen päästön. Hankeosien päästömäärät muodostuvat rakennusosien päästöma-
rien summasta.

Eurooppalaisiin kestävästä rakentamisesta koskevien standardien moduuleihin verrattaessa (esim. EN 17472. Sustainability of construction works. Sustainability assessment of civil engineering works), Fore:n CO₂-laajennus ottaa rakennusosien laskennassaan huomioon moduulit A1-A3 ja A5, sekä joissakin rakennusosissa myös A4-moduulin. A1-A3 -moduulit tarkoittavat tuotevaihtetta raaka-
aineiden hankinnasta tuotteen valmistukseen, A4 tarkoittaa kuljetusta työmaalle ja A5 Työmaa-
toimintoja, eli rakentamista.

Laskennan tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että

- Kaikille panoksille ei ole määritetty päästökerrointa, eli CO₂-arvoa,
- Kaikista rakennusosista 70 %:lle on tiedossa kaikkien panoksien päästökertoimet,
- Kaikista rakennusosista 5 %:lle ei tiedetä kuin enintään puolet panoksien päästökertoimista.

Suunnittelijan arvion mukaan Fore-laskentaohjelman tulos on todennäköisesti toteutuvaa päästöä pienempi. Tulosten tulkinnassa on myös huomioitava, että tulokset perustuvat etukäteisarvioituun tietoon ja ovat siten karkeita arvioita.

Päästölaskennan tulos

Hankkeen päästölaskennan kokonaistulos vaihtoehdossa 1a on 43 602 tCO₂e ja vaihtoehdossa 1b on 61 413 tCO₂e.

Päästölaskennan tulokset hankevaihtoehdoissa 1a ja 1b on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Päästölaskennan tulokset hankevaihtoehdoilla.

Osa-alue	VE1a (tCO ₂ e)	VE1b (tCO ₂ e)
Kalliotunneli (moduulit A1-A5)	19 505	24 072
Betonitunneli (moduulit A1-A3, A5)	8 503	8 933
Avokaukalot (moduulit A1-A3, A5)	13 340	14 100
Päällysrakenteet (moduulit A1-A5)	1 026	1 180 = 986 (päällysrakenteet päätunnelissa) + 194 (päällysrakenteet rampeissa)
Rampit (moduulit A1-A5)	-	11 621
Katujärjestelyt (moduulit A1-A5)	-	278
Ajotunneli (moduulit A1-A5)	1 229	1 229
Yhteensä	43 602	61 413

Päästölaskennan tulokset metriä kohden hankevaihtoehdoissa 1a ja 1b on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Päästölaskennan tulokset rakennettavia metrejä kohden.

Osa-alue	VE1a (tCO ₂ e/m)	VE1b (tCO ₂ e/m)
Kalliotunneli (moduulit A1-A5)	8	10
Betonitunneli (moduulit A1-A3, A5)	13,5	14
Avokaukalot (moduulit A1-A3, A5)	14	15
Päällysrakenteet (moduulit A1-A5)	0,3	0,3
Rampit (moduulit A1-A5)	-	8
Katujärjestelyt (moduulit A1-A5)	-	1
Ajotunneli (moduulit A1-A5)	3	3
Yhteensä	39	52

Johtopäätökset päästölaskennasta

Päästölaskennan tuloksista huomataan, että kokonaispäästöt vaihtoehdossa 1a ovat noin 29 % pienemmät kuin vaihtoehdossa 1b. Ero kokonaispäästöissä selittyy vaihtoehtojen laajuuserolla. Päästöjen minimoimisen kannalta vaihtoehto 1a on CO₂-laskennan perusteella parempi vaihtoehto.

Eniten päästöjä muodostuu kalliotunnelin rakentamisesta, sillä sen osuus on rakennettavista metreistä suurin. Kalliotunneleiden metriä kohden laskettu päästömäärä on kuitenkin 28-42 % pienempi kuin betonitunneleiden ja avokaukaloiden metriä kohden laskettu päästömäärä.

Tässä hankkeessa betonitunneleiden mitat ovat suuremmat kuin Fore -ohjelmiston hankelaskennassa käytettävissä olevat betonitunneleiden mitat. Päästöarviossa esitetyt betonitunneleiden päästöt ovat tästä syystä todennäköisesti todellisuudessa suuremmat. Lisäksi Fore-ohjelmistossa betonitunneleiden ja avokaukaloiden päästöissä ei ole huomioitu moduulia A4 (kuljetukset työmaalle). Näin ollen betonitunneleiden ja avokaukaloiden päästöt olisivat todennäköisesti tässä laskemassa esitetyjä suuremmat, mikäli kuljetusten päästöt laskettaisiin samoilla rajauksilla kuin muut huomioidut päästölaskennan osa-alueet.

Koska Fore -ohjelmalla laskettaessa ei voida nähdä laskennassa arvioitujen materiaalien määrää, on vaikea arvioida, miten päästöarvio muodostettu. Voidaan kuitenkin todeta, että runsas betonin ja muiden rakennusmateriaalien käyttö lisää päästömäärää. Betonin sisältämä sementti on hyvin päästöintensiivinen materiaali, joka nostaa päästöjä per rakennettu metri. Kalliotunneleissa käytettyjen rakennusmateriaalien määrä on pienempi kuin betonitunneleissa ja avokaukaloissa.

Tunneleiden hiilijalanjäljestä ei ole juurikaan saatavilla maantieteellisesti lähellä tehtyä tutkimustietoa, kuten ei vielä rakentamisen hankkeista yleisestikään. Eräässä espanjalaisen tutkimuksessa (Rodrigues & Perez 2021) on kuitenkin selvitetty eri tunnelityyppien hiilijalanjälkeä rakentamisen aikana. Sen mukaan vahvaan kallioon rakennetun tunnelin hiilijalanjälki on noin 8 tCO₂/m tai tätä korkeampi. Keskivahvaan kallioon tunnelin hiilijalanjälki laskettiin olevan noin 10 tCO₂/m. Jos tunneli rakennetaan pehmeämpään maahan tai heikkoon kallioperään, tunnelin hiilijalanjälki kasvaa luokkaan 15 tCO₂/m. Laskennoissa oli huomioitu seuraavat päästölähteet: kaivamisessa/louhinnassa, kivien kuljetuksessa ja muissa välttämättömissä apulaitteissa käytetty energia, tukirakenteisiin ja vuoraukseen käytettyjen materiaalien valmistus sekä metaani ja muut kaasut, jos kaivaminen/louhinta tapahtui hiilipitoisessa maaperässä. Tutkimuksen arvoihin verraten, tässä työssä Forella lasketut päästöt ovat tunneleiden osalta samassa linjassa, vaikka laskennan rajausta poikkeaa hieman. (Lähde: Rodrigues R. & Perez F., 2021. Carbon footprint evaluation in tunneling construction using conventional methods. Tunneling and Underground Space Technology 108 (2021) 103704)

11. Jatkotoimenpiteet ja -tutkimustarpeet

Jatkosuunnittelun tehtäviä

Tunnelin jatkosuunnittelun tehtäviä ovat muun muassa:

- Tunnelin vaaka- ja pystygeometrian tarkennus maa- ja kallioperätutkimusten perusteella
- Ajotunnelin sijainnin ja linjauksen tarkempi selvitys sekä olemassa olevassa metron ajotunnelin osassa tehtävien muutostöiden laajuuden selvittäminen
- Tunnelin liittymäramppien geometrian ja linjauksen tarkempi selvitys maa- ja kallioperätutkimusten perusteella
- Lemissaarentien kiertoliittymän ja katujärjestelymuutosten jatkosuunnittelu
- Tunneleiden louhinnan ja betonitunneliosuuksien rakentamisen vaiheistuksen sekä työnaikaisen järjestelyjen tarkentaminen
- Louheen käyttömahdollisuuksien selvittäminen (mm. meritäytöt)
- Tunnelin rakentamisen riskien selvitys
- Suunnitelmien yhteensovitus pikaraitiotien ja baanan suunnitelmien kanssa
- Liikenne-ennusteen päivittäminen skenaarion 3 mukaisella maankäytöllä ja liikenteelliset toimivuustarkastelut huomioiden Koivusaaren eritasoliittymän ja Satamatunnelin vaikutukset liikenneverkkoon.
- 1a vaihtoehdossa tarvittavat toimenpiteet Lauttasaarentien toimivuuden ja turvallisuuden parantamiseksi.

Tutkimustarve

Maaperätutkimukset

Kaivantojen asiantunteva suunnittelu ja rakentaminen edellyttävät luotettavaa ja kattavaa pohjatutkimustietoutta. Maapohjan kerrosrakenne ja kerrospaksuudet selvitetään kevyillä paino- ja puristinheijarikairauksilla, kerrosten maalajit ja ominaisuudet, sekä kerrosten geotekniset mitoitusarvot saadaan ottamalla näytteitä maaperästä ja tutkimalla niitä laboratorioissa. Hienorakeisten maakerrosten geotekniset mitoitusarvot lyhytaikaisissa mitoitustilanteissa selvitetään siipikairauksin ja maanäytesarjoin. Kalliopinta sekä sen kaltevuus mahdollisia kallioankkureita varten selvitetään tekemällä kairauksista kalliovarmistukset. Riippuen rakennuskaivantojen vaativuudesta tutkimuksia tehdään Kaivanto-oppaan RIL263-2014 vaatimassa laajuudessa.

Kalliotutkimukset

Kalliotutkimuksilla on tarkoitus saada käsitys suunnittelualueen kallionpinnankorkeusasemasta, kallion laadusta ja heikkousvyöhykkeistä. Kalliopinnan korkeuden selvittäminen porakonekairamalla tehdään koko kalliotunnelin pituudella sekä erityisesti tietunneleiden ja ramppitunneleiden suuaukoilla sekä Lauttasaaren urheilukentän alueella.

Näytekairaaminen tunnelin suuaukoilla ja kallioainanteiden alueilla tehdään, jotta saadaan käsitys kalliolaadusta. Etenkin kallioperäkartoissa esiintyvien todennäköisten heikkousvyöhykkeiden sekä kallioainaumien alueilla on odotettavissa kallion heikkous/ruhjerakenteita. Kallionäytekairauksen

kivistä kerätään suunnittelualueen geologiaa edustava sarja näytteitä, jotka testataan laboratoriossa fysikaalisilta ominaisuuksiltaan (yksiakσιαallinen puristuslujuus ja epäsuora vetolujuus).

12. Yhteenveto

Tutkittuja vaihtoehtoja 1a ja 1b vertailtaessa on huomioitava niiden erilainen laajuus sekä tekniset, maankäytölliset ja liikenteelliset edut ja haitat. Vaihtoehtovertailua ei voida tehdä kustannusarvion tai päästölaskennan perusteella, sillä kustannus- ja päästöarviot ovat suoraan verrannollisia vaihtoehtojen laajuuteen. Myöskään suunnitteluratkaisukokonaisuuteen liittyvää yhteiskuntataloudellista tarkastelua ei ole tehty tässä suunnitteluvaiheessa.

Vaihtoehto 1a tarjoaa parhaimmat mahdollisuudet uudelle maankäytön suunnittelulle. Vaihtoehdossa 1b liikenteellinen toimivuus on parempi verrattuna vaihtoehtoon 1a, koska siinä esitetyt ramppitunnelit helpottavat Koivusaaren eritasoliittymän ja Lauttasaaren sisäisen liikenteen sujuvuutta. Periaatetasolla tarkastellussa vaihtoehdossa 2 Länsiväylän liikenne ja liittymät sekä Lauttasaaren sisäinen liikenne säilyvät entisellään, mutta se tarjoaa selvästi vähemmän maankäytön kehittymismahdollisuuksia kuin muut vaihtoehdot.

13. Liitteet

Suunnitelmapiiirustukset:

KAT-001 Yleiskartta, vaihtoehto 1a
KAT-002 Yleiskartta, vaihtoehto 1b
KAT-003 Yleiskartta, vaihtoehto 2
KAT-004 Yleispituusleikkaus, vaihtoehto 1a
KAT-005 Yleispituusleikkaus, vaihtoehto 1b
KAT-006 Yleispituusleikkaus, vaihtoehto 2
KAT-007 Pituusleikkaus, vaihtoehto 1a: osat 1-2
KAT-008 Pituusleikkaus, vaihtoehto 1a: osa 3
KAT-009 Pituusleikkaus, vaihtoehto 1b: osat 1-2
KAT-010 Pituusleikkaus, vaihtoehto 1b: osa 3
KAT-011 Pituusleikkaus rampit E3R1 ja E3R4
KAT-012 Poikkileikkaus PL 1740
KAT-013 Tyyppipoikkileikkaus, kalliotunneli K3+3
KAT-014 Tyyppipoikkileikkaus, kalliotunneli K4+3
KAT-015 Tyyppipoikkileikkaus, kalliotunneli K3+2
KAT-016 Tyyppipoikkileikkaus, 1-kaistainen ramppitunneli K1
KAT-017 Tyyppipoikkileikkaus, 1-kaistainen ramppitunneli K1 poistumiskäytävällä
KAT-018 Yhdyskäytävän tyyppiirustus
KAT-019 Tunneliosuuksien suojavyöhykkeet

RAK-001 Tyyppipoikkileikkaus, betonitunneli 3+3
RAK-002 Tyyppipoikkileikkaus, betonitunneli 4+3
RAK-003 Tyyppipoikkileikkaus, betonitunneli 3+2
RAK-004 Tyyppipoikkileikkaus, 1-kaistainen ramppibetonitunneli
RAK-005 Tyyppipoikkileikkaus, avokaukalo 3+3
RAK-006 Tyyppipoikkileikkaus, avokaukalo 4+3
RAK-007 Tyyppipoikkileikkaus, avokaukalo 3+2
RAK-008 Tyyppipoikkileikkaus, 1-kaistainen avokaukalo

KATU-001 Kaistajärjestelyt, vaihtoehto 1a
KATU-002 Kaistajärjestelyt, vaihtoehto 1b

LIIK-001 Liikenteen yleiskartta, vaihtoehto 1a
LIIK-002 Liikenteen yleiskartta, vaihtoehto 1b

TATE-001 LVIS-järjestelmäkuvaus
TATE-002 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 1a
TATE-003 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 1b
TATE-004 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 2a
TATE-005 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 2b
TATE-006 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 3b
TATE-007 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 4b
TATE-008 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 5b
TATE-009 Ilmanvaihdon ja savunpoiston periaatekaavio 6b
TATE-010 Sammutusveden periaatekaavio, vaihtoehto 1a
TATE-011 Sammutusveden periaatekaavio, vaihtoehto 1b