



KAUPUNKILIIKENNE
STADSTRAFIK

Raitiotiekaivannot

31.1.2025

(Kaupunkiliikenne, OmaisuuDENhallintayksikkö, Infrapalvelut)

Sisällys

1. Johdanto	2
2. Ennen rakentamista tehtävät valmistelut.....	3
2.1. Noudatettavat ohjeet ja perehdytykset	3
2.2. Tarvittavat viranomaistoimenpiteet.....	3
2.3. Tarvittavat työsuunnitelmat.....	4
2.3.1. Laadittavat suunnitelmat.....	5
2.3.2. Lisähuomiot rakentamiselle	6
3. Kaivantosuunnittelu	6
3.1. Päälysrakenteen vaikutus kaivantojen toteuttamiseen	6
3.1.1. Kaivannon rakentaminen päälysrakennetta purkamatta.....	7
3.1.2. Kaivannon rakentaminen, päälysrakenteen purkaminen	8
3.1.3. Radan tukeminen/ kiskojen tuenta	9
3.2. Kaivantorakenteet.....	10
3.2.1. Kaivantotyyppit.....	10
3.2.2. Kaivantotyyppit 1 ja 2: Luiskatut kaivannot kitkamaissa	10
3.2.3. Kaivantotyyppit 3 ja 4: Tuetut kaivannot.....	12
4. Kaivantojen täyttö.....	15
4.1. Yleistä kaivantojen täytöstä	15
4.2. Tiivistäminen.....	15
4.3. Täyttö savimaassa.....	16
5. Kaivantojen täyttö.....	17
5.1. Kaivantoympäristö.....	17
6. Liitteet.....	17

1. Johdanto

Ohjeen tarkoitus on selkeyttää raitioteiden läheisyydessä rakennettavien kaivantojen toteutustapoja. Kaivantotarpeet liittyvät yleensä nykyisien vesihuolto- ja viemäröintilinjojen korjaustarpeisiin.

Raitiotien alittavat kaivannot ovat ongelmallisia, koska raitiotien päällysrakennetta ei yleensä voida purkaa työnajaksi. Tämä aiheuttaa paljon ongelmia raitiotien kantaverkolle, koska käytännöt raitiotien palauttamisesta liikenteelle ovat vaihtelevat. Mikäli raitiotieverkolla tapahtuu kaivannon rakentamisen jälkeen painumia tai muita siirtymiä, ne voivat aiheuttaa merkittävän turvallisuusriskin raitiotieliikenteelle.

Raitiotiet ovat vilkkaasti liikennöityjä ja liikennekatkot ovat lyhyitä. Lisäksi raitiotie on sähköistetty, mikä aiheuttaa haasteita käytettävälle kalustolle. Työskenneltäessä raitiotien läheisyydessä, lähtökohtana työlle tulee olla, ettei aiheuteta vaaraa tai häiriötä ihmisille, liikenteelle eikä raitiotien rakenteille tai laitteille.

Tässä ohjeessa esitetyt tyyppikaivannot on mitoitettu tietyin lähtöoletuksin, joiden soveltuvuus kohteeseen tulee tarkastaa ennen tyyppiratkaisujen käyttöä. Kaivannot on mitoitettu Eurokoodimitoituksen mukaisesti ja niissä on myös tarkasteltu tilanne, jossa yksittäinen kaivannon poikkituki pettää. Mitoitustilanne on erityisen oleellinen liikennöidyn radan kannalta, jonka avulla myös varmistetaan, että siirtymät tukiseinän takana (ja samalla radan alla) pysyvät mahdollisimman pieninä.

Kaivantomitoitukset on tehty aktiivi-/ passiivipaineelle, eikä siinä ole huomioitu tärinää tai siirtymälle herkkiä rakenteita. Kaivannot on suunniteltu pidettävän kuivana pumppaamalla, mutta alueilla, joilla pohjaveden korkeus ei saa laskea, tulee kaivanto tehdä vesitiiviinä.

Tässä ohjeessa esitetty radan tuentaratkaisu, jossa raitiotie tuetaan elementtitiilla (=ns. holvitiilla), on Kaupunkiliikenteen kokemukseen perustuva tuentatapa, eikä sen toimivuudelle ole tehty erillistä mitoitustarkastelua. Kyseisen rakenteen osalta tulee huomioida, että elementtituet kiinnitetään kunnollisesti molemmista päistään.

Urakoitsija vastaa aina kaivantoturvallisuudesta, olosuhteiden tarkistamisesta ja ohjeiden noudattamisesta. Tämän ohjeen tarkoitus on selventää tuentaperiaatteita ja helpottaa kokonaisuuden hallintaa kaivantojen osalta. Kaivantosuunnitelma suositellaan tehtävän aina huolella kohdekohtaisesti, jotta voidaan varmistua rakentamisen turvallisuudesta.

Ohjeen on laatinut Kaupunkiliikenteen tilauksesta Sitowise Oy. Ohjeen laatimisesta ovat vastanneet Rosa Sirén ja Leena Nurmi. Työtä ohjasi Terhi Vadén Kaupunkiliikenteeltä.

2. Ennen rakentamista tehtävät valmistelut

2.1. Noudatettavat ohjeet ja perehdytykset

Ennen rakentamista tulee tutustua kaupungin ohjeisiin raitiotien läheisyydessä työskentelyyn:

<https://kaupunkiliikenne.fi/kaupunkiraidehankkeet-ja-kunnossapito/urakoitsijalle/tyot-raiotieradan-laheisyydessa/>

Oleelliset perehdytykset työhön ennen rakentamisen aloittamista:

- Turvallisuusperehdytys urakoitsijalle (sähköinen)

<https://paja.kaupunkiliikenne.fi/login/index.php>

- Raitiotien rata-alueen sähkötyöturvallisuuskoulutus

<https://rataopisto.fi/>

- Valtakunnallinen katutyökoulutus

<https://kuntatekniikka.fi/sky/katutyot-koulutus/>

Kaupunkiliikenteen liikennöimän raitiotien läheisyydessä työskennellessä tulee noudattaa seuraavia ohjeita:

- Työskentely raitioteiden läheisyydessä (Kaupunkiliikenne)
- Raitioteiden rakentaminen, ratojen yleinen työselostus RYT 2018
- InfraRYL

Kaupunkiliikenteen raitiotieverkon suunnittelua ja mitoitusta varten on laadittu erillinen ohje:

- <https://raitiotieohje.fi/>

2.2. Tarvittavat viranomaistoimenpiteet

Ennen töiden aloittamista, tulee kaupungilta ja tarvittavilta viranomaisilta hakea lupa rakentamiselle. Alla listattu vähimmäisvaatimukset:

1. Haettava lupa Kaupunkiliikenteeltä kaivutyölle raitiotien läheisyydessä: Lupa on haettava vähintään 14 vrk ennen töiden aloittamista. Lupa haetaan aina, kun työskennellään alle 2 m etäisyydellä kiskosta. Hakijan tulee ottaa yhteyttä kaupunkiliikenteeseen, koska yleensä työt vaativat toimenpiteitä raitiotien rakenteen varmistamiseksi. Tällöin tulee myös aina toimittaa kaivantosuunnitelma kaupunkiliikenteelle. Mikäli työt vaikuttavat raitiotien rakenteeseen, suunnitelmat tulee osoittaa

kaupunkiliikenteen hyväksyttäväksi. Muissa tapauksissa, esimerkiksi rakennettaessa raitiotien vierellä, kaupunkiliikenteellä on oikeus tarkistaa ja kommentoida suunnitelmia. Työt voidaan aloittaa vasta, kun kaupunkiliikenteen edustajan kanssa on tehty aloituskatselmus ja kaupunkiliikenteen edustaja on antanut luvan töiden aloittamiselle.

2. HSL liikenteen kanssa tulee selvittää mahdolliset liikennekatkot. HSL:ltä tulee myös hakea tarvittavat luvat. Tarvittavan työraon pituuden mukaan määräytyy, kuinka paljon aiemmin lupaa tulee hakea. Mikäli liikenne joudutaan laittamaan kiertoreitille työnajaksi, hakuajat voivat olla jopa 5 kk. Lisäksi tulee huomioida:
 - työmaa ei saa tukkia raitiovaunun ovien puoleiselle reunalle mitoitettua evakuointitilaa (1,2 m)
 - varottava sähkölaitteita ja noudatettava ajolankojen suojaetäisyyksiä, myös kannatinlangat ja niiden kiinnitykset tulee huomioida
 - Pysäkkejä ei saa siirtää. Mikäli niihin kohdistuu toimenpiteitä, tulee niistä sopia HSL:n kanssa.
 - Raitioliikenteeseen vaikuttavat katutyöt:
 - jos työ kestää korkeintaan 3 vrk, ilmoitus on tehtävä vähintään 8 vko ennen töiden aloittamista
 - jos työ kestää yli 3 vrk, ilmoitus on tehtävä vähintään 5 kk ennen töiden aloittamista
3. Haettava lupa kaupungin lupapalvelusta, hakemus on tehtävä vähintään 7 vrk ennen töiden aloittamista.

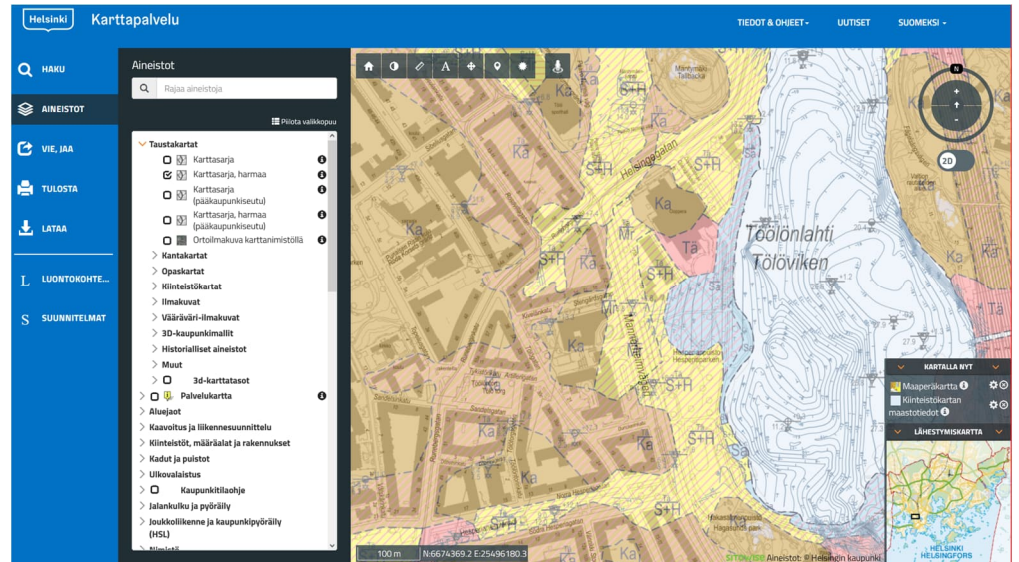
<https://www.hel.fi/fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/tontit-ja-rakentamisen-luvat/tyomaan-luvat-ja-ohjeet/kaduilla-ja-puistoissa-tehtavat-tyot>

2.3. Tarvittavat työsuunnitelmat

Ennen rakentamista pitää tehdä putki- ja johtokartoitukset. Työalueen läheisyydessä voi olla nykyisiä rakenteita, kuten kellareita ja perustuksia. Kaupunkiliikenne vastaa nykyisistä rakenteista vain raitiotien pohjalaatan syvyyteen. Kohteesta tulee selvittää pohjaolosuhteet ja pohjavedentaso sekä näiden vaikutus rakentamiseen. Pohjaolosuhteet saa selville Helsingin karttapalvelusta: <https://kartta.hel.fi/?setlanguage=fi#>. Kuvassa 1 on esitetty kuvakaappaus palvelun aineistosta Töölössä.

- Karttapalvelusta saa ympäristöpalkin alta valittua geotekniset kartat, jonka alapuolelta löytyy maaperäkarta
- karttapalvelusta saa geoteknisestä aineistosta myös pohjavesimittauspisteiden tiedot.

Kuva 1. Helsingin karttapalvelu, maaperäkarta



2.3.1. Laadittavat suunnitelmat

Ennen töiden aloittamista tulee laatia seuraavat työsuunnitelmat, mikäli työskennellään alle 2 m etäisyydellä raitiotien osista.

1. Kaivantosuunnitelma:

- Esitettävä maaperä, sekä pohjavesitiedot, tarvittava kaivantosyvyyks ja kaivantoleveys. Kaivantoleveydellä tarkoitetaan kaivannon leveyttä maanpinnantasolla.
- kun maaperä on koheesiomaita: Savi, siltti:
 - o Savi ja siltti ovat haasteellisia kaivumaita. Molemmat voivat pysyä kaivaessa hyvinkin jyrkässä luiskassa, mutta olosuhteiden muutos tai esim. tärinä voi saada maakerroksen käyttäytymään ennakoimattomalla tavalla, mikäli savikerrosta ei ole tutkittu tarkemmin.
 - o Kaduilla on yleensä noin 1 m paksut rakennekerrokset, jonka alapuolella voi olla savikerroksia
- kun maaperä on kitkamaita: Hiekka, sora, moreeni
 - o Kitkamaissa kaivannot voidaan pääsääntöisesti tehdä luiskaamalla. Luiskatun kaivannon maksimisyvyyden ollessa kuitenkin 3 m.

- Kaivannon tuennalle on tehtävä erillinen kaivantosuunnitelma, jos olosuhteet, kaivannon auki pitämis aika, kaivantosyvyys tmv. poikkeaa tässä ohjeessa esitetystä ratkaisusta.
2. Liikenteenohjaussuunnitelma
 - Työnaikaiset liikennejärjestelyt työvaiheittain
 3. Työ- ja turvallisuussuunnitelma
 - Työ- ja turvallisuussuunnitelmaan sisällytetään työmaan turvallisuussuunnitelma, työmaasuunnitelma ja suunnitelma raitiotien turvallisuudesta.
 - Erityisesti tulee huomioida sähköturvallisuus ja ilmakaapelit. Raitiotie on aina sähköistetty, ellei jännitekatkosta ole erikseen sovittu kaupunkiliikenteen kanssa.
 - Laadunvarmistus
 - Radan palauttaminen liikenteelle, täyttöjen tiivistäminen. Kaupunkiliikenne velvoittaa urakoitsijan suorittamaan ja kirjaamaan kaivutäyttöjen tiiveyden yleisten ohjeiden mukaisesti. Ennen liikennöintiä urakoitsija tilaa kaupunkiliikenteeltä raitiotien tuennan riittävän ajoissa, että tuenta tehdään oikea-aikaisesti ja liikenne saadaan palautettua sovitusti.
 4. Raitiotien tuentasuunnitelma: Raitiotielle tulee laatia tuentasuunnitelma, mikäli raitiotie kaivetaan auki yli 1,0 m pituudelta raitiotien suunnassa tai kaivantosyvyys on yli 1 m.
 5. Muita tilanteen mukaan vaadittavia dokumentteja: vaarallisten töiden suunnitelma, nostosuunnitelmat, paalutussuunnitelma, tulityösuunnitelma, rakenteiden siirtymisen/painumisen seurantasuunnitelma, riskienhallintasuunnitelma.

2.3.2. Lisähuomiot rakentamiselle

Urakoitsija vastaa kaikista raitiotien läheisyydessä tehtävien töiden aiheuttamista haitoista ja vaaroista, määritetyistä raja-arvoista ja mittaustuloksista tai laadituista suunnitelmista riippumatta. Suunnitelman tai laskelman kommentointi kaupunkiliikenteen taholta ei vaikuta urakoitsijan vastuuseen.

3. Kaivantosuunnittelu

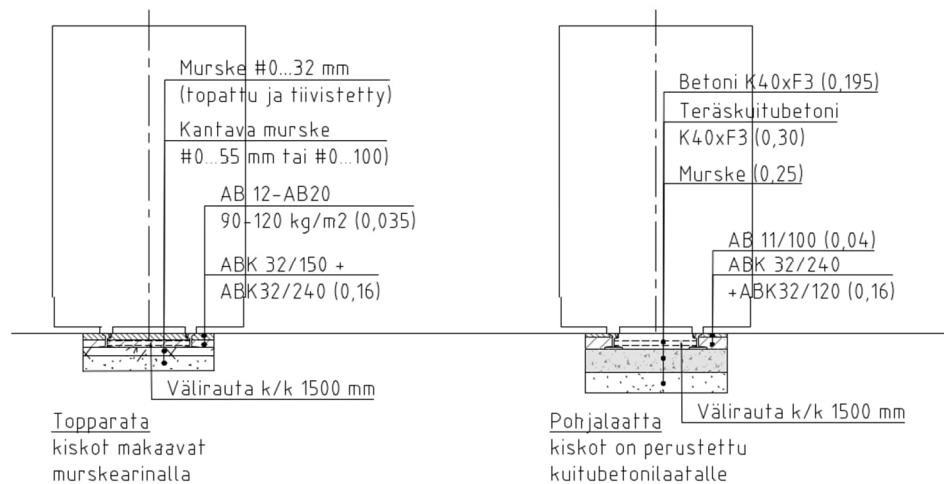
3.1. Päälysrakenteen vaikutus kaivantojen toteuttamiseen

Kaupunkiliikenteen liikennöimällä raitiotien kantaverkolla on käytössä kahden tyyppistä raitiotien päälysrakennetyyppeä (kuvassa 2).

Liikennöinti kantaverkolla alkoi jo vuonna 1891 ja päällysrakenteiden ominaisuudet voivat vaihdella näiden kahden päällysrakennetyypin välillä huomattavasti. Kaupunkiliikenteellä ei ole tarkasti tiedossa kaikkia kohteita kantaverkolla, joissa topparataa on käytetty päällysrakenteena. Kaivantotöiden loputtua, laaturaportoinnin yhteydessä, urakoitsijan tulee esittää kaivutöiden aikana selvinnyt päällysrakennetyppi ja pohjalaatan paksuus kaupunkiliikenteelle.

- Topparaide: kiskot makaavat vapaasti pohjamaalla. Asfaltti sitoo kiskot paikoilleen katurakenteeseen (vanhimmat raitiotieosuudet).
- pohjabetoni: Kiskojen alla on kuitubetonilaatta (pääosin kaupunkiliikenteen kantaverkon alueella).

Kuva 2. Raitiotien päällysrakennetyypit



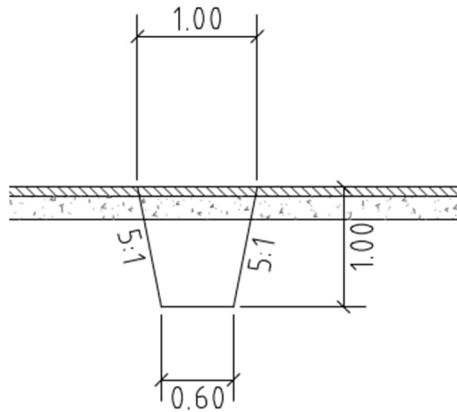
Päällysrakennetyppi vaikuttaa kaivannon auki kaivamiseen, radan tukemiseen, sekä kaivannon täyttöön ja tiivistämiseen. Kaivanto voidaan toteuttaa purkamalla päällysrakenne tai päällysrakennetta purkamatta. Päällysrakenteen purkaminen vaatii kuitenkin riittävän pitkän työraon, liikennekatkon, että päällysrakenne ehditään palauttamaan liikenteelle ajoissa.

3.1.1. Kaivannon rakentaminen päällysrakennetta purkamatta

Kun raitiotien päällysrakennetta ei pureta, voidaan raitiotie pitää liikennöitynä lähes koko työnajan, seuraavia toimenpiteitä noudattamalla.

- Kuvassa 3 on esitetty kaivannon koko ilman raitiotien tuentaa. Kaivannon maksimisyvyys on tässä tapauksessa 1,0 m ja kaivannon pohjan leveys on 0,6 m. Kaivanto soveltuu pääosin yksittäisten pienten putkien ja johtojen korjauksiin.

Kuva 3. Kaivannon leveys 1 m, kaivannon syvyys 1 m



- kiskot tulee tukea, mikäli kaivannon leveys (pituus raitiotien suunnassa) kiskon kohdalla ylittää 1 m (kiskon suunnassa) tai mikäli kaivantosyvyys on yli 1 m. Maksimi kaivantoleveys on 2 m, kun raitiotie on liikennöity. Raitiotien tukeminen tulee rakentaa liikennekatkossa.
- työraot tulee suunnitella niin, ettei liikennöinti aiheuta vaaraa kaivannossa työskenteleville.
- työn päätyttyä kaivanto tulee täyttää huolellisesti kerroksittain tiivistäen. Tiivistyskalustoa ei saada kiskoja ja raitiotien alle, joten tiivistäminen pitää tehdä huolellisesti vettä apuna käyttäen. Täyttöä on käsitelty tarkemmin kappaleessa 4.

3.1.2. Kaivannon rakentaminen, päällysrakenteen purkaminen

Mikäli päällysrakenne puretaan työnajaksi, tulee työn aikataulusuunnitelma asettaa merkittävään rooliin. Työvaihesuunnittelu tulee aloittaa liikennesuunnittelusta ja käytettävissä olevasta työraosta. Työ alkaa kiskoja katkaistessa ja raidelaatan piikkaamisella. Työ päättyy betonilaatan valamiseen ja kiskoja jatkuvaksi hitsaamiseen. Ennen kuin raitiotielinja voidaan palauttaa liikenteelle, raitiotie tulee katselmoida kaupunkiliikenteen kanssa.

Pohjalaatta tulee piikata auki vähintään 1 m pidemmältä matkalta kuin kiskon katkaistu. Tällöin esimerkiksi, jos kiskot katkaistaan 5 m matkalta, tulee betoninen pohjalaatta piikata irti 7 m mittaan. Urakoitsija kustantaa maahan jäävien päätyjen leikkauksen ja avauksen. Työn suorittaa kaupunkiliikenne. Urakoitsija toteuttaa kiskoja hitsaamisen ohjeen Raitiotiekiskoja hitsausohjeet mukaisesti. Hitsausohjeen osassa 1 on esitetty hitsaushenkilöstöltä vaadittavat pätevyudet. Hitsauksesta tulee toimittaa mittapöytäkirja. Hitsausohjeen saa kaupunkiliikenteen kunnossapidosta.

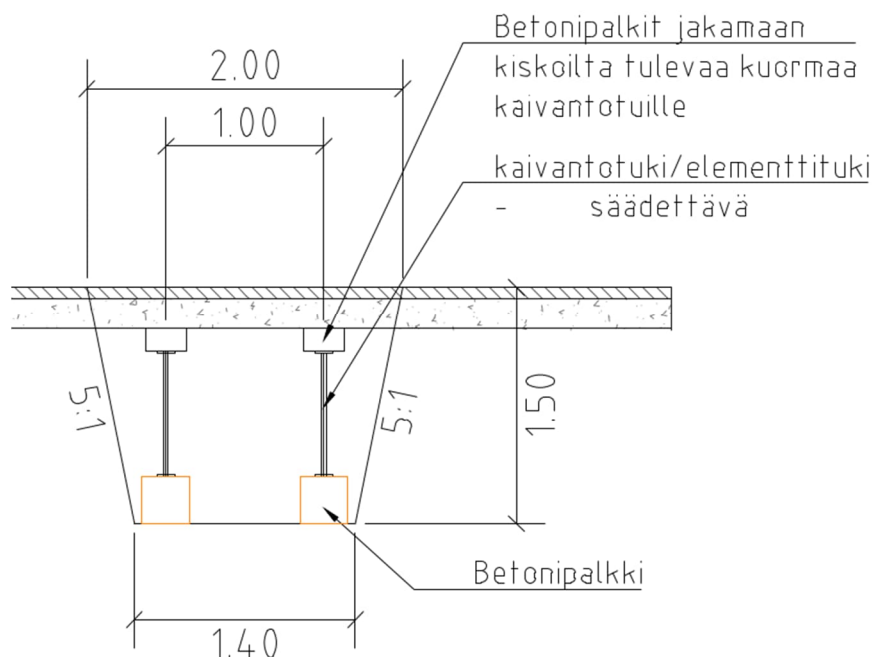
3.1.3. Radan tukeminen/ kiskojen tuenta

Kiskot tulee tukea, kun kaivanto on yli 1 m pituinen radan suunnassa tai kaivantosyvyys on yli 1 m. Kun raitiotie on liikennöity, kaivannon maksimi leveys raitiotien suunnassa on 2 m. Jos raitiotie on liikennöity, tulee tätä leveämmille kaivannoille suunnitella radan työnaikainen tuenta erikseen.

Raitiotien työnaikainen tukeminen voidaan tehdä esim. kaivantotuilla, jotka kiinnitetään (raitiotien päällysrakenteesta riippuen) joko erilliseen lisäpalkkiin tai suoraan raitiotien pohjalaattaan. Alla olevassa kuvassa 4 on esitetty vaihtoehto, jossa kaivantotuet on kiinnitetty erilliseen lisäpalkkiin päällysrakenteen alapuolelta ja kaivannon pohjalle asennettuun betonipalkkiin. Pohjalaatta suunnitellaan nykyisin 300 mm paksuuteen, mutta vanhimmat pohjalaatat saattavat olla ainoastaan 100 mm paksuja.

Olemassa oleva päällysrakenne määrää käytettävän lisäpalkin paksuuden. Kun päällysrakenteena on topparaide tai erilliset ohuet pohjalaatat kiskojen alla tai jos pohjalaatan paksuus on alle 300 mm, tulee kiinnitys tehdä erillisellä lisäpalkilla. Lisäpalkin paksuus tulee olla vähintään 150 mm. Kun rata tuetaan kiskojen molemmilta puolilta, lisäpalkki varmistaa, että kuorma siirtyy kaivantotuille. Lisäpalkki asennetaan rataa nähden kohtisuoraan suuntaan, niin että palkki on molempien kiskojen alla

Kuva 4. Raitiotien tukeminen kaivantotuilla



Mikäli kaivannon leveys radan suunnassa ylittää 2 m, tulee raitiotien alla oleva betonilaatta purkaa työn päätyttyä ja valaa uudelleen. Laatta rakennetaan RYT 2018 ohjeen mukaisesti. Näin varmistetaan, että työn aiheuttamat mahdolliset vauriot tai muodonmuutokset laatussa eivät aiheuta pitkäaikaista haittaa/vauriota liikenteelle tai kalustolle. Jos

topparadan osuudella tehdään kaivanto, jonka pituus radan suunnassa on yli 6 m, tulee kiskojen alle rakentaa uusi betonilaatta (tämän tulee sisältyä urakoitsijan tarjoukseen).

Radan tukemiseen tarvittavat palkit tulee rakentaa ennen töiden aloittamista ja ne kannattaa varustaa nostolenkeillä, jotta niiden käsittely helpottuu.

3.2. Kaivantorakenteet

3.2.1. Kaivantotyytit

Raitiotien kohdalle tai sen välittömään läheisyyteen tarvittava kaivantotyyppi määräytyy tarvittavan kaivannon laajuuden ja pohjamaan mukaan. Kaivannot jaetaan luiskattuihin ja tuettuihin kaivantoihin ja pohjamaa koheesiomaihin ja kitkamaihin. Koheesiomaihin kuuluvat saviset ja silttiset pohjamaat ja kitkamaihin hiekka-, murske- ja sorapohjaiset pohjamaat. Molempien osalta tulee huomioida myös pohjavedentaso. Mikäli pohjavesi on korkealla, luiskatun kaivannon käyttöä tulee harkita ja kaivannon turvallisuus varmistaa, ennen kaivannossa työskentelyä.

Kaivantotyytit:

1. Luiskattu kaivanto: kaivannon syvyys ja leveys < 1 m, raitiotietä ei tarvitse tukea
2. Luiskattu kaivanto kitkamaassa, raitiotie tuettu
3. Tuettu kaivanto koheesiomaassa
4. Tuettu kaivanto kitkamaassa

Tyyppikuvat kaivannoista on esitetty liitteessä 1.

3.2.2. Kaivantotyytit 1 ja 2: Luiskatut kaivannot kitkamaissa

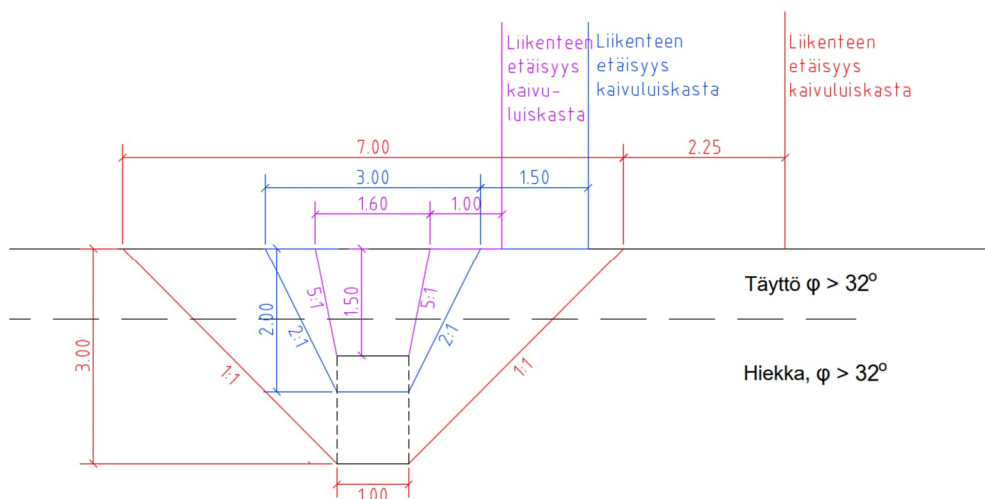
Kitkamaissa kaivantoluiskat pysyvät käytännön kokemuksella hyvin paikoillaan. Luiskat sortuvat pääosin kitkakulman ylittäviltä osuuksilta ja sopivan luiskakaltevuuden näkee yleensä kaivantoa tehdessä. Kuitenkin runsaat sateen ja pohjavesi voivat vaikuttaa kaivuluiskan käyttäytymiseen ja esimerkiksi runsassateisina ajankohtina, tulee kaivuluiskaan suhtautua kriittisesti. Alla olevaan taulukkoon on esitetty suositeltavia kaivuluiskia kaivantosyvyyden mukaan.

Kaivantosyvyys	Kaivantoluiska	suojaetäisyys kaivannon reunasta
1,0	5:1	1,0

2,0	2:1	1,5
3,0	1:1	2,25

Alla olevassa kuvassa 5 on esitetty ohjeelliset kaivantoluiskat kitkamaassa, sekä tarvittava suojaetäisyys kaivannon reunan ja liikenteen välille. Kuvassa on esitetty kaivuluiskat, eikä siinä ole esitetty raitiotien tuentaa. Liikenne tulee olla vähintään kaivantosyvyyteen nähden 0,75- kertaisella etäisyydellä kaivantoluiskan yläreunasta. Kaivuluiskalla 1:1 ja kaivantosyvyydellä 3 m, liikenne tulee rajoittaa yhteensä 11,5 m leveydeltä.

Kuva 5. Kaivantoluiskat kitkamaassa



Kitkamaissa voidaan hyödyntää myös kaivantoelementtejä, niiden valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tällöin liikenne tulee viedä vastaavalla etäisyydelle kaivantoreunasta kuin luiskaamalla, mutta kaivantoluiskat voidaan tehdä lähes pystysuorina, kuitenkin niin että elementit saadaan asennettua.

Turvallisuus luiskatuissa kaivannoissa

Elementtikaivanto voidaan tehdä luiskattua kaivantoa jyrkemmillä kaivantoluiskilla. Tällöin kaivannon sisään asennetaan kaivantoelementti, joka suojaa, mikäli kaivantoluiskat pettävät. Jos kaivannon turvallisuutta ja luiskien kestävyyttä ei voida varmistaa, ei kaivannossa voi myöskään työskennellä. Kaivantoelementtejä suositellaan käytettävän aina, kun kaivannossa työskennellään. Erityisesti, jos kaivannossa tehdään hitsaustöitä tai muita kaivannon pohjalla tehtäviä työvaiheita, jossa kaivantoluiskan sortuminen aiheuttaa huomattavia vahinkoja.

Koheesiomaissa (savi ja siltti) värinä ja vesi voivat aiheuttaa kaivannon äkillisen sortumisen. Vakaalta ja turvalliseltakin näyttävä kaivanto voi

sortua yllätäin, esimerkiksi viereisen liikenteen takia. Luiskattujen kaivantojen osalta on erityisen tärkeää ymmärtää mahdolliset vaaranpaikat ja tehdä ennen töiden aloittamista tarkat työ- ja laatusuunnitelmat, sekä riskien arviointi.

Katualueella tehtävät kaivannot on tunnistettu vaarallisimmiksi kaivannoiksi, niiden lyhytaikaisuuden ja nopean tarpeen takia. Myös katualueiden monimuotoisuus aiheuttaa haasteita kaivantojen ennakkosuunnittelulle. Ennen töiden aloittamista tulee kuitenkin aina laatia työsuunnitelmat ja tunnistaa mahdolliset riskipaikat. Kun mahdolliset vaaratekijät on tunnistettu ennen rakentamista ja niihin on varauduttu, turvallisuuden lisäksi varmistetaan myös varsinaisen työsuorituksen onnistuminen.

Kaivantoluiskan vahvistaminen kitkamaissa

Kitkamaissa voidaan kaivantoluiskaa vahvistaa vesilasi-injektoinnilla. Tällöin maaperä tulee vahvistaa edellä esitettyjä kaivuluiskia vastaavalta alueelta ja varsinainen kaivuluiska voidaan tehdä 5:1 kaivuluiskalla. Liikennekuorma tulee pitää kaivuluiskasta kaivussyvyyteen nähden 1,5- kertaisella etäisyydellä. Vesilasi-injektointi tehdään ennen kaivutyötä ja injektointi tulee ulottaa vähintään tulevalle kaivantosyvyydelle. Injektointi tehdään kaivuluiskan yläreunasta, niin että se viedään suoraan alaspäin ja injektoinnin aikana injektointiputkea nostetaan ylöspäin. Ylin 0,5 m voidaan jättää injektioimatta.

Tarkoituksena on lujittaa ympäröivää maaperää ja vahvistaa kaivuluiskaa. Koko aluetta ei tule injektoida, ettei kaivutyö hidastu tarpeettomasti. Vesilasi-injektoinnissa tulee huomioida myös katualueella olevat nykyiset putket, niin ettei injektointiputkia viedä alle 1 m etäisyydelle olemassa olevista putkista. Vesilasi-injektointi kannattaa tehdä edellisessä liikennekatkossa, jotta vesilasille saadaan riittävä kovettumisaika, vähintään 24 h, ennen kaivutöitä.

3.2.3. Kaivantotyypit 3 ja 4: Tuetut kaivannot

Tuetut kaivannot tehdään ponttiseinien suojassa. Ponttiseinien avulla kaivanto saadaan tehtyä luiskattua kaivantoa ahtaampaan tilaan ja tarvittaessa liikenne voidaan viedä ponttiseinästä 1,0 m etäisyydellä. Tällöin tulee kuitenkin varmistaa, että liikenteen pääsy kaivantoon on estetty riittäväillä törmäysesteillä.

Kaivannot tuetaan sisäpuolisilla palkeilla. Tarvittava palkkityyppi ja tuentaväli riippuvat kaivantosyvyydestä ja maalajista. Tuentataso asennetaan 0,3 - 0,5 m syvyyteen maanpinnasta. Kaivantovaihtoehdossa D, jossa tuentatasoja on kaksi, alempi tuentataso rakennetaan 1,3 -1,5 m syvyyteen. Mikäli käytetään ketjuilla asennettavia, valmiiksi hitsattuja kehikkoja, voidaan tukitasoja laskea kaivun edetessä.

Raitiotien kohdalla ei saada asennettua pontteja, jos rataa ei pureta työnajaksi. Tällöin raitiotien kohdalle tulee rakentaa settiseinä, jotta

raiotien alapuolella olevat maamassat eivät sorru kaivantoon. Settiseinä rakennetaan täryttämällä radan molemmille puolille 300 HEB- palkit, jotka kiinnitetään hitsaamalla pontteihin. HEB palkkien väliin hitsataan kiinni kaivantotyypillä 3 vähintään 42 mm paksuja teräslevyjä kaivun edetessä. Yli 1,5 m kaivannoissa käytettävät settilankut (suluissa esitetty vastaavat paksuudet kaivantotyypille 4):

≤ 1,5 m kaivannoissa 42 mm teräslevyt (22 mm)

≤ 2,0 m kaivannoissa 44 mm teräslevyt (24 mm)

≤ 2,5 m kaivannoissa 46 mm teräslevyt (24 mm)

≤ 3,0 m kaivannoissa 48 mm teräslevyt (26 mm)

≤ 3,5 m kaivannoissa 50 mm teräslevyt (26 mm)

≤ 4,0 m kaivannoissa 52 mm teräslevyt (22 mm)

Lankkujen asennuksen ja kaivun tulee edetä niin pienissä kerroksissa, kuin pohjamaa sallii. Muutoin on vaarana, että seinän taakse jää tyhjää tilaa ja rata painuu näiden kohdalta viimeistään töiden päätyttyä.

Kaivantotyyppi 3: tuetut kaivannot koheesiomaissa

Ponttiseinän alareuna pitää viedä vähintään 1 m kitkamaakerrokseen. Pontit tulee ulottaa vähintään kaivantosyvyyden verran kaivannon alapuolelle. Savikerroksen kasvaessa tätä suuremmaksi, riittää, että pontti on upotettu 1 metri kitkamaakerrokseen.

Koheesiomaissa noudatetaan taulukkoa 1 kaivannon rakenteiden osalta. Taulukossa on esitetty vaakarivillä savikerroksen paksuuden vaikutus ja pystyrivillä kaivantosyvyyden vaikutus kaivannon rakenteisiin. Alle 2 m syvät kaivannot ja kun savikerroksen paksuus on alle 6 m, käytetään kaivannoissa rakennetta A.

Taulukko 1. Koheesiomaa kaivannon rakenteet

Kaivanto- syvyys (m)	Saven paksuus (m)					
	< 6	7	8	9	10	11
2,0	A ₁	B	B	B	B	C
2,5	A ₁	B	B	B	B	C
3,0	A ₂	B	B	C	C	D
3,5	A ₂	B	C	C	D	

Taulukossa on esitetty kaivantorakenteiden määräytyminen kaivantosyvyyden ja saven paksuuden mukaan. Taulukossa esitettyjen kaivantorakenteiden selitykset:

A. Teräsponttiseinä Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu s355GP

- A₁: Teräspalkki HEB 300, S355, palkkijako 6 m

- A₂: Teräspalkki HEB 300, S355, palkkijako 5 m

B. Teräsponttiseinä Larssen 605 tai vastaava, teräslaatu s355GP

- Teräspalkki HEB 300, S355, palkkijako 5 m

C. Teräsponttiseinä Larssen 607 tai vastaava, teräslaatu s355GP

- Teräspalkki HEB 300, S355, palkkijako 5 m

D. Teräsponttiseinä Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu s355GP

- Tuenta kahdelta tasolta: teräspalkit HEB 300, S355, palkkijako 3 m, alempi tuentataso rakennetaan 1,0 metrin etäisyydelle ylemmästä tuentatasosta.

Savikerroksen paksuuden ollessa 11 m, tulee kaivanto tukea kahdelta tasolta: 0,3 m syvyydeltä maanpinnasta ja 1,3 m syvyydeltä maanpinnasta. Tätä syvemmit kaivannot tulee suunnitella tapauskohtaisesti kaivannon syvyyden, pohjamaan ominaisuuksien ja savikerroksen paksuuden mukaan.

Kaivantorakenteessa B tarvitaan tavanomaista vahvempaa teräsponttia Larssen 605 tai vastaavaa ja kaivantorakenteessa C Larssen 607 tai vastaavaa. Mikäli kohteessa savikerroksen paksuus on odotettua suurempi, eikä ponttiseinän rakenteeseen voida vaikuttaa, voidaan kaivanto myös tukea kahdelta tasolta (rakenne D). Kaivantosyvyyden ollessa 3,5 metriä, tulee savikerroksen olla korkeintaan 10 m paksu. Kun kaivanto tuetaan kahdelta tasolta, alempi taso tehdään 1,0 m etäisyydelle ylemmästä tasosta. Kaivannon vaakapalkit tehdään HEB300 s355 tai vastaavasta. Kaivannon poikkipalkit tulee rakentaa molemmilla tuentatasoilla vähintään 3 metrin keskiöväliillä.

Kaivantotyyppi 4: Tuetut kaivannot kitkamaissa

Kitkamaissa kaivantoluiskat voidaan tehdä hyvin jyrkäksi. Kuitenkin, jos liikenne tulee saada kulkemaan kaivannon viereltä tai pohjavesi on korkealla, tulee kaivanto tehdä tuettuna kaivantona.

Pontti tulee upottaa vähintään 2 m kaivannon pohjan alapuolelle. Maksimi kaivantosyvyys 4 m, kun kaivanto on tuettu yhdeltä tasolta. Ponttityyppi Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu s240GP. Teräspalkki HEB 260, teräslaatu S270, 6 m jaolla. Tätä syvemmit kaivannot tulee suunnitella erikseen.

4. Kaivantojen täyttö

4.1. Yleistä kaivantojen täytöstä

Kaivannot voidaan pääosin täyttää kaivumateriaalilla, kun kaivanto sijaitsee kitkamaaosuudella. Savimaat tulee kuljettaa pois. Lisäksi tulee huomioida, että putkien ja johtojen ympärille tarvitaan InfraRYL:n mukaiset, asennusalustat ja ympärystäytöt, putken koon ja valmistusmateriaalin mukaan.

Kun kaivannon täyttö aloitetaan, joudutaan purkamaan raitiotien työnaikainen tuenta, jotta täyttö voidaan tehdä. Kun raitiotie ei ole tuettu, ei raitiotie voi olla liikennöitynä. Savimaissa tulee tehdä kevennystäyttö, jolla kompensoidaan kaivantotäyttöjen aiheuttama pohjamaan kuormituksen muutos. Kevennystäyttö on esitetty kohdassa 4.3.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää raitiotien alle tehdyn settiseinärakenteen taakse jäävän tyhjätilan täyttämiseen settiseinän purkamisen yhteydessä. Täyttö tulee tehdä riittävän ohuissa kerroksissa, jotta voidaan varmistua ettei työnaikana käytetyn settiseinän taakse jää tyhjätilaa.

4.2. Tiivistäminen

Täytöt tulee tiivistää InfraRYL:n mukaisesti kerroksittain ja kastellen, niin, että täyttömateriaali on optimivesipitoisuudessaan tiivistyksen kannalta.

Eri maalajien optimivesipitoisuudet:

- sora, soramoreeni: 5 – 10 %
- hiekka, silttimoreeni: 5 – 10 %
- hiekka: 10 – 15 %
- Siltti: 15 – 25 %
- Savi: 20 – 30 %

Täyttötyön jälkeen päällysrakenteen alle jää tyhjää tilaa. Parhaiten täyttö onnistuu topparadalla, mutta työtavasta riippumatta, pohjalaatan alle jää tyhjätilaa. Tämän takia päällysrakenteiden alle tulee tehdä betonivalu. Menetelmä riippuu päällysrakennetyypistä. Raitiotie ei ole liikennöitävissä valutöiden aikana ja massan tulee antaa sitoutua massanvalmistajan ohjeiden mukaisesti ennen liikennöintiä.

- Topparaide: Topparadalla kiskojen tuennan tekee Kaupunkiliikenteen kunnossapito (urakoitsijan kustannuksella). Tällöin kunnossapito käyttää betonista asennuskuutiota ja

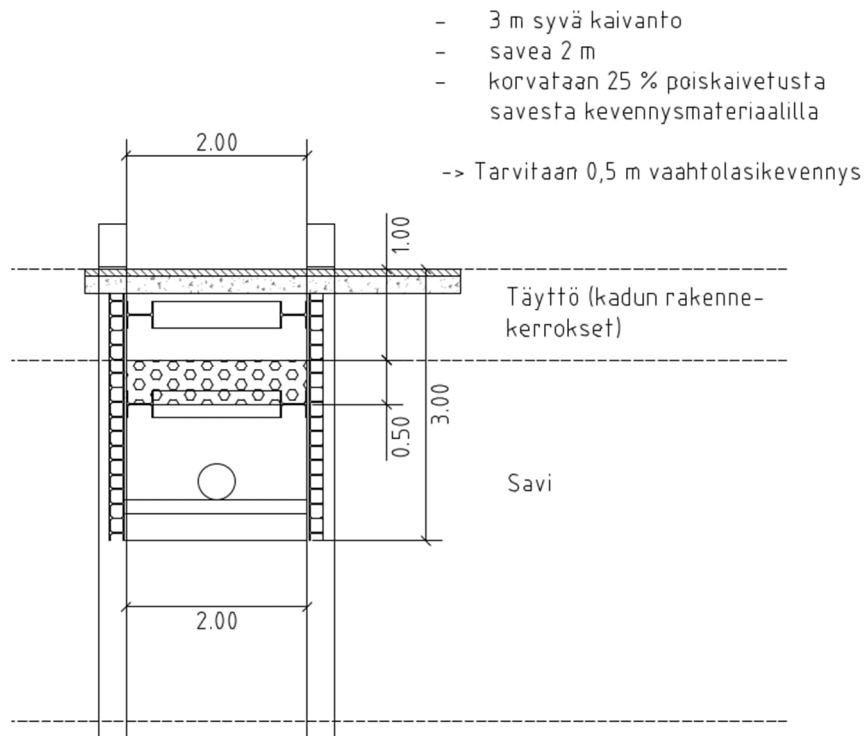
kiilausta. Topparaiteen osalta riittää, että juotosbetonilla, löysällä massalla valetaan massaa aivan kiskonjuureen, niin että massa pääsee valumaan kiskon alapuolelle. Valu voidaan tehdä esim. 1 m välein niin, että kiskon alle leikataan täyttöön pieni ura, jonne betonivalu ohjataan. Koska kiskojen alle ei päästä tiivistämään, on kiskojen alla löyhin täyttö, jonne massa luontaisesti hakeutuu.

- Pohjalaatta: Kaivannon täytön ja tiivistämisen jälkeen tulee raitiotien keskilinjalle porata 1 m välein reikiä, joista valetaan juotosbetonia asfaltin ja pohjalaatan alle. Pohjalaatan molemmille reunoille jätetään pienet kolot, joista nähdään, kun juotosmassa nousee ylös. Kun massa nousee pohjalaatan sivulta ylös, massan tulisi olla kulkenut myös raitiotien pituussuunnassa yhtä pitkä matka, kuin poikkisuunnassa. Kun betonivalu tehdään 1 m välein, saadaan massa riittävän laadukkaasti laatan alle. Asfaltti ja pohjalaatta paikataan työn päätyttyä.

4.3. Täyttö savimaassa

Kun pohjamaa on savea, poiskaivettu savi tulee kuljettaa pois ja korvata kitkamaatäytöllä. Tällöin kaivannon alapuolelle saattaa jäädä paksu savikerros, mikä painuu uuden täytön aiheuttaman kuormituksen takia. Savimaissa oleviin kaivantoihin tulee rakentaa kevennyskerros, minkä paksuus vastaa 25 % poiskaivetun saven paksuudesta. Esimerkiksi, jos kaivannon syvyys on 3,0 m ja tästä osuudesta savikerroksen paksuus on 2 m, tulee kadun rakennekerrosten alapuolelle rakentaa 0,5 m paksu kevennyskerros vaahtolasista. Kevennyskerros tulee paketoita suodatinkankaalla N3.

Kuva 6. Kaivantoluiskat kitkamaassa



5. Kaivantojen täyttö

5.1. Kaivantoympäristö

Tämä kaivanto-ohje on laadittu käytettäväksi raitiotielinjojen läheisyydessä. Mikäli kaivannon välittömässä läheisyydessä on rakennuksia tai muita herkkiä rakenteita, tulee kaivannolle laatia erillinen kaivantosuunnitelma, jossa huomioidaan kyseisten rakenteiden perustustasot- ja perustustavat.

Ohje ei myöskään käsittele pikaraitiotien kohdalle rakennettavia kaivantoja. Pikaraitioteiden päällysrakenteet ja liikennöinti nopeus poikkeaa merkittävästi kantaverkon raitiotielinjasta.

6. Liitteet

Liite 1. Kaivantotyypit

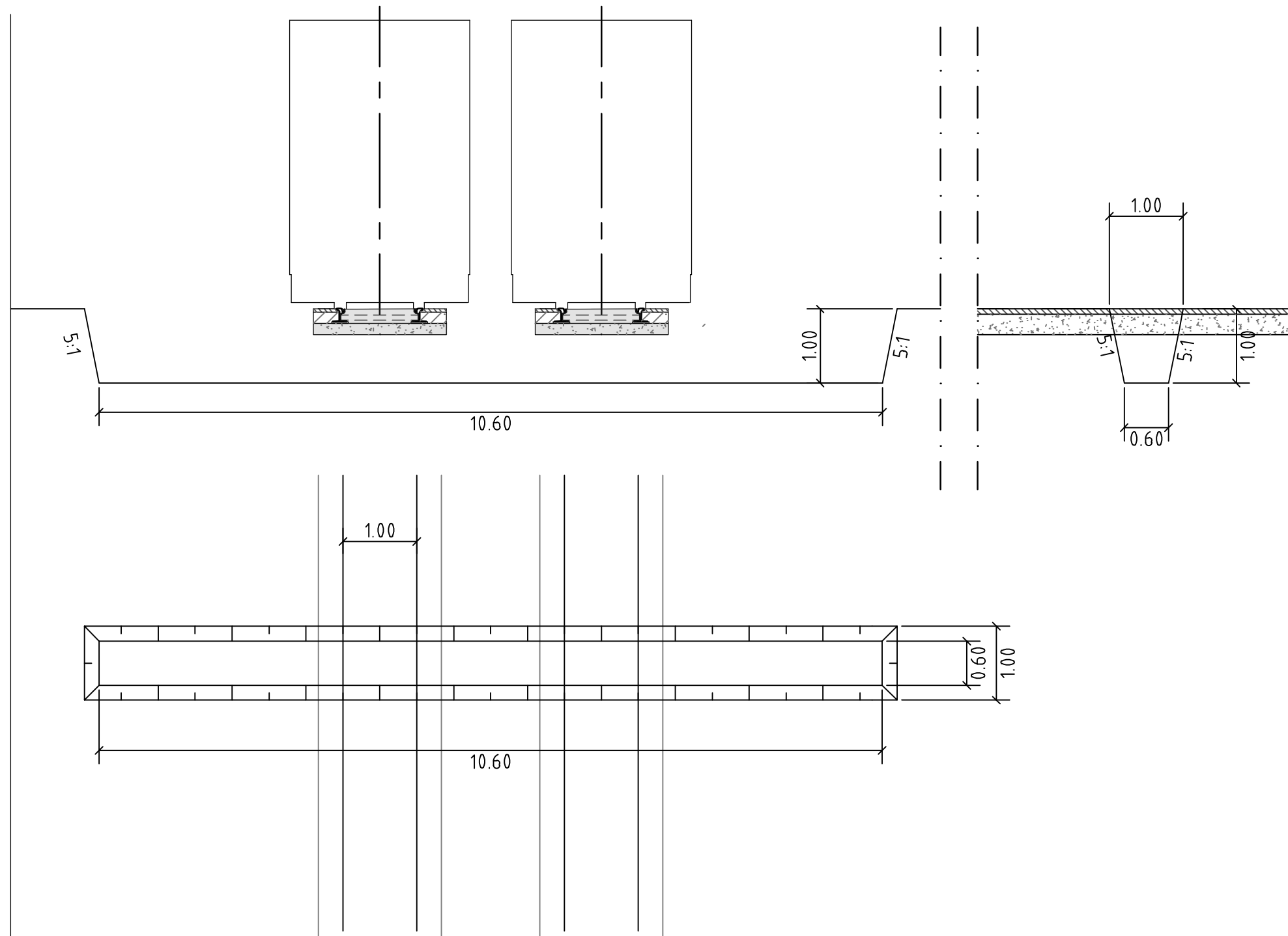
KAIVANTOTYYPPI 1

Luiskattu kaivanto:

- kaivantosyvyys korkeintaan 1 m
- kaivantoleveys korkeintaan 1 m

Pohjamaa on kitka- tai koheesiomaata. Kaivantoluiskat sijaitsevat katurakenteen täyttökerroksessa.

Luiskakaltevuus 5:1 syvyyteen 1,0 m asti



Suunnitelmapiirustusta tulee käyttää Kaupunkiliikenteen ohjeessa "Raitiotiekaivannot 31.1.2025" esitetyn mukaisesti

KAIVANTOTYYPPI 2

Pohjamaa on kitkamaata.

Luiskattu kaivanto:

- kaivantosyvyys on yli 1 m tai
- kaivantoleveys on yli 1 m

Raitiotie tuetaan kaivantotuilla. Kaivantotuet tulee kiinnittää tukevasti kaivannon pohjalle asennettuun betonipalkkiin. Nykyisen päällysrakenteen pohjalaatan paksuudesta riippuen, myös pohjalaatan alle tarvitaan erillinen tukipalkki. Mikäli pohjalaatta on alle 0,3 m paksu, tarvitaan erillinen lisäpalkki, jonka paksuuden tulee olla vähintään 0,15 m. Kaivantotuet ovat säädettäviä ja niitä voidaan nostaa tarpeen tullen. Liikenne ei voi kulkea rataa pitkin, jos rata ei ole tuettu. Maksimi kaivantoleveys radan suuntaan on 2 m, jos raitiotie on liikennöity. Kaivantosyvyyden, luiskakaltevuuden ja kaivannon pohjanleveyden mukaan määräytyy tarvittava kaivantoleveys.

Luiskakaltevuus:

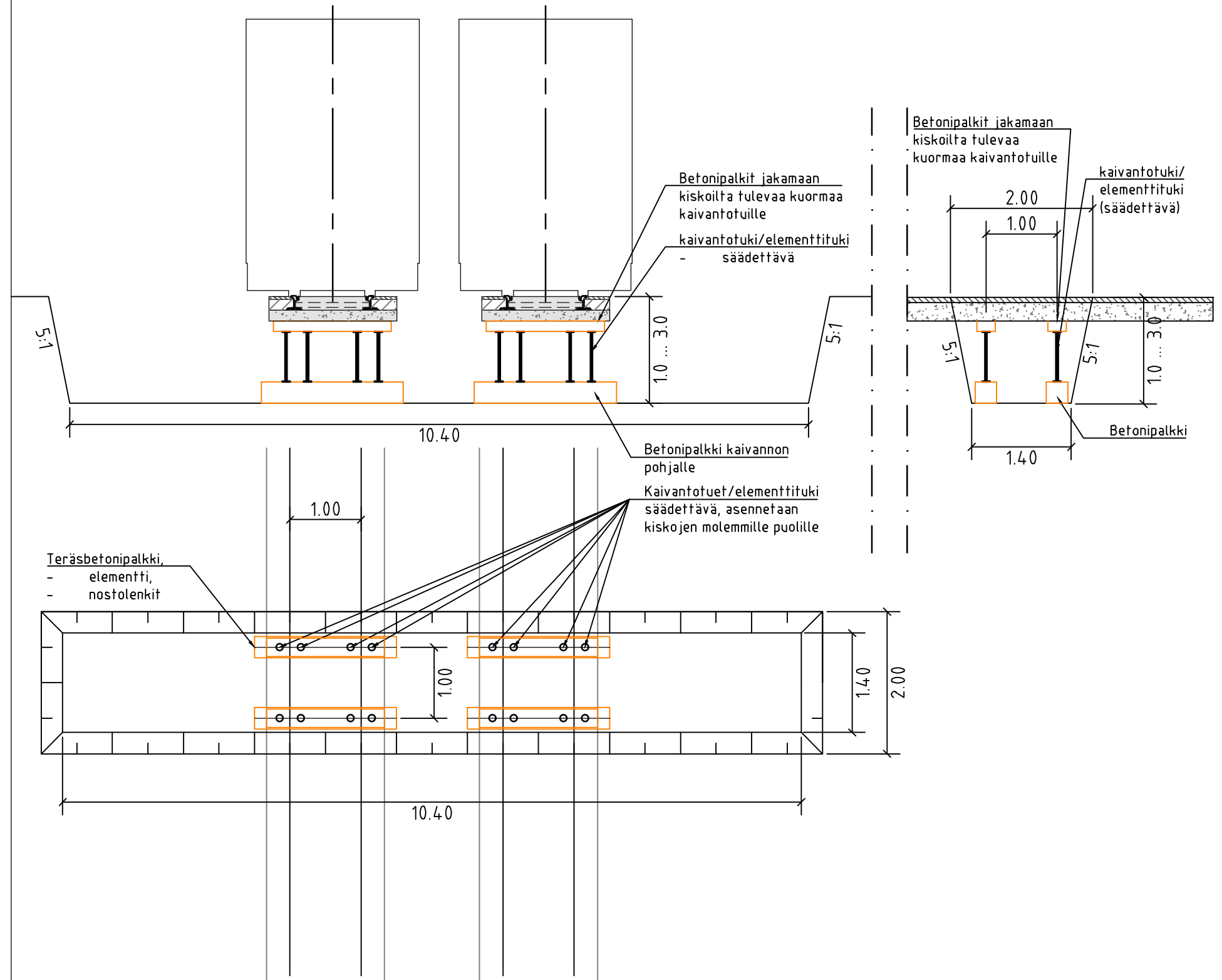
- kaivantosyvyys korkeintaan 1,5 m luiskakaltevuus 5:1
- kaivantosyvyys korkeintaan 2,0 m luiskakaltevuus 2:1
- kaivantosyvyys korkeintaan 3,0 m luiskakaltevuus 1:1

Yli 3 m syvät kaivannot tulee rakentaa tuettuna tai niille tulee tehdä erillinen tarkennettu geosuunnittelijan laatima kaivantosuunnitelma. Lisäksi kaivannot, jotka ulottuvat pohjavesipinnan alapuolelle, tulee rakentaa tuettuna.

Liikennekuorma tulee viedä kaivantosyvyydestä riippuen vähintään:

- kaivantosyvyys korkeintaan 1,5 m, liikenne väh. 1,0 m etäisyydelle
- kaivantosyvyys korkeintaan 2,0 m liikenne väh. 1,5 m etäisyydelle
- kaivantosyvyys korkeintaan 3,0 m liikenne väh. 2,25 m etäisyydelle

kaivannon reunasta. Liikenne tulee lisäksi erottaa kaivannosta raskaalla ajoesteellä.



Suunnitelmapiiirustusta tulee käyttää Kaupunkiliikenteen ohjeessa "Raitiotiekaivannot 31.1.2025" esitetyn mukaisesti

KAIVANTOTYYPPI 3

Tuettu kaivanto, pohjamaa koheesiomaata (savi- ja silttimaat). Saven suljettu leikkauslujuus vähintään 10 kPa.

Raitiotie tuetaan kaivantotuilla. Kaivantotuet tulee kiinnittää tukevasti kaivannon pohjalle asennettuun betonipalkkiin. Nykyisen päällysrakenteen pohjalaatan paksuudesta riippuen, myös pohjalaatan alle tarvitaan erillinen tukipalkki. Mikäli pohjalaatta on alle 0,3 m paksu, tarvitaan erillinen lisäpalkki, jonka paksuuden tulee olla vähintään 0,15 m. Kaivantotuet ovat säädettäviä ja niitä voidaan nostaa tarpeen tullen. Liikenne ei voi kulkea rataa pitkin, jos rata ei ole tuettu. Maksimi kaivantoleveys radan suuntaan on 2 m. Muu ajoneuvoliikenne tulee erottaa kaivannosta raskaalla ajoesteellä.

Raitiotien alle rakennettava settiseinä:

Settiseinä rakennetaan täryttämällä radan molemmille puolille pystypalkit (HEB), jotka kiinnitetään hitsaamalla pontteihin. Pystypalkit asennetaan väh. 2 m kitkamaakerrokseen ja vähintään 3 m kaivantosyvyyden alapuolelle. Palkkien täryttämisen aikana tulee selvittää savikerroksen paksuus, jonka pohjalta vahvistuu myös käytettävän kaivantorakenteen soveltuvuus. HEB-palkkien väliin hitsataan kiinni väh. 100x34 mm teräslevyjä kaivun edetessä. Yli 1,5 m kaivannoille käytettävien settilankujen paksuudet:

- ≤ 1,5 m kaivanto: settilankut 42 mm teräslevy
- ≤ 2,0 m kaivanto: settilankut 44 mm teräslevy
- ≤ 2,5 m kaivanto: settilankut 46 mm teräslevy
- ≤ 3,0 m kaivanto: settilankut 48 mm teräslevy
- ≤ 3,5 m kaivanto: settilankut 50 mm teräslevy

Pontilta ja settiseinän pystypalkeilta vaadittava taivutusvastus riippuu savikerroksen paksuudesta. Vaihtoehtoisesti voidaan myös rakentaa toinen tuentatase (D). Toinen tukitase rakennetaan tällöin 1,3 m syvyyteen maanpinnasta. Pontit upotetaan väh. 1,0 m kitkamaakerrokseen, kuitenkin aina väh. 2 m kaivannon pohjan alapuolelle. Kaivannon vaakapalkit HEB300, S355.

A. Savikerroksen paksuus 2 - 6 m:

- Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu s355GP
- kaivantosyvyys 2 - 3 m: palkkijako 4 m
- kaivantosyvyys 3 - 3,5 m: palkkijako 3 m
- Settiseinän pystypalkit HEB300, S355

B. Savikerroksen paksuus 7 - 10 m:

- Kaivussyvyys 2 - 2,5 m ja savikerroksen paksuus 7- 10 m tai
- Kaivussyvyys 3 m ja savikerroksen paksuus 7- 8 m tai
- Kaivussyvyys 3,5 m ja savikerroksen paksuus 7 m
- Larssen 605 tai vastaava, teräslaatu s355GP, palkkijako 3 m
- Settiseinän pystypalkit HEB320, S355

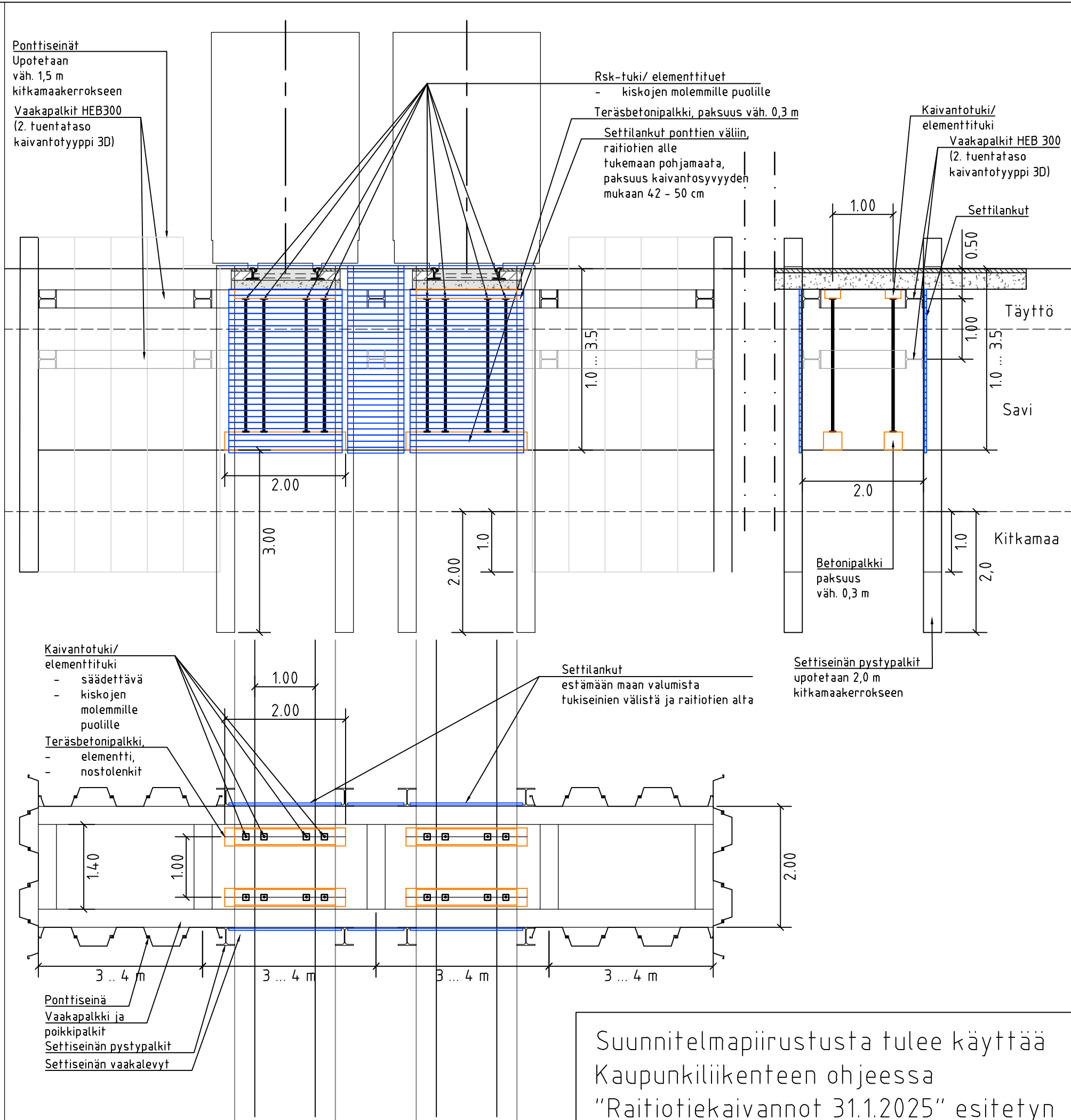
C. Savikerroksen paksuus 8 - 11 m:

- Kaivussyvyys 2 - 2,5 m ja savikerroksen paksuus 11 m tai
- Kaivussyvyys 3 m ja savikerroksen paksuus 9-10 m tai
- Kaivussyvyys 3,5 m ja savikerroksen paksuus 8-9 m
- Larssen 607 tai vastaava, teräslaatu s355GP, palkkijako 3 m
- Settiseinän pystypalkit HEB400, S355

D. Savikerroksen paksuus korkeintaan 10 m, kaivantosyvyys korkeintaan 3,5 m

- Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu s355GP, palkkijako 3 m, molemmilla tasoilla
- tuentatasot: 0,3 m maanpinnasta ja 1,3 m maanpinnasta
- Settiseinän pystypalkit HEB300, S355

Kaivantorakennetta D (kahdelta tasolta tuettu) voidaan käyttää, mikäli käytössä on Larssen 603 tai vastaava ponttityyppi. Kuitenkaan kahdelta tasolta tuettu rakenne ei toimi, mikäli savikerroksen paksuus on yli 10 m. Tällöin kaivannoille tulee laatia erilliset geotekniset suunnitelmat.



Suunnitelmapiiirustusta tulee käyttää Kaupunkiliikenteen ohjeessa "Raitiotiekaivannot 31.1.2025" esitetyn mukaisesti

KAIVANTOTYYPPI 4

Tuettu kaivanto, pohjamaa kitkamaata (hiekkä, sora, moreeni)

Raitiotie tuetaan kaivantotuilla. Kaivantotuet tulee kiinnittää tukevasti kaivannon pohjalle asennettuun betonipalkkiin. Nykyisen päällysrakenteen pohjalaatan paksuudesta riippuen, myös pohjalaatan alle tarvitaan erillinen tukipalkki. Mikäli pohjalaatta on alle 0,3 m paksu, tarvitaan erillinen lisäpalkki, jonka paksuuden tulee olla vähintään 0,15 m. Kaivantotuet ovat säädettäviä ja niitä voidaan nostaa tarpeen tullen. Liikenne ei voi kulkea rataa pitkin, jos rata ei ole tuettu. Maksimi kaivantoleveys radan suuntaan on 2 m. Liikenne tulee erottaa kaivannosta raskaalla ajoesteellä.

Raitiotien alle rakennettava settiseinä:

Settiseinä rakennetaan täryttämällä radan molemmille puolille HEB 260 palkit, jotka kiinnitetään hitsaamalla pontteihin. Settiseinän pystypalkit upotetaan vähintään 3,0 m syvyyteen kaivannon pohjasta. HEB- palkkien väliin hitsataan kiinni väh. 100x22 mm teräslevyjä kaivun edetessä. Yli 1,5 m syville kaivannoille käytettävien settilankujen paksuudet:

- ≤ 1,5 m kaivanto: settilankut 22 mm teräslevy
- ≤ 2,0 m kaivanto: settilankut 24 mm teräslevy
- ≤ 2,5 m kaivanto: settilankut 24 mm teräslevy
- ≤ 3,0 m kaivanto: settilankut 26 mm teräslevy
- ≤ 3,5 m kaivanto: settilankut 26 mm teräslevy
- ≤ 3,5 m kaivanto: settilankut 28 mm teräslevy

Kitkamaissa tulee käyttää ponttiseiniä, kun luiskattua kaivantoa ei mahduta tekemään tai pohjavesi on kaivannon pohjan yläpuolella. Käytettävä teräspontti Larssen 603 tai vastaava, teräslaatu S240GP. Ponttiseinät tulee ulottaa vähintään 2,0 m kaivannon pohjan alapuolelle. Kaivannon vaakapalkit HEB260, teräslaatu S355, poikkipalkit vähintään 5 m jaolla. Kaivannon maksimisyvyys on 4 m.

Tätä syvemmät tai laajemmat kaivannot tulee suunnitella tapauskohtaisesti kaivantosyvyyden, pohjamaan ominaisuuksien ja kitkamaakerroksen paksuuden mukaan.

