

POHJATÖIDEN SUUNNITTELU
MÄNTYMÄKI-VALLILA-VIEMÄRITUNNELIHANKKEESSA

Aapo Lahtinen

Opinnäytetyö
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen
Insinööri AMK

2014

Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

Tekijä	Aapo Lahtinen	Vuosi	2014
Ohjaaja	Kauko Nikkanen, lehtori		
Toimeksiantaja	Skanska Infra Oy		
Työn nimi	Pohjatöiden suunnittelu Mäntymäki–Vallilaviemäritunnelihankkeessa		
Sivu- ja liitemäärä	27 + 7		

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Helsingin seudun ympäristöpalveluiden Mäntymäki–Vallilaviemäritunnelihankkeen pohjatöiden aikataulut ja resurssit. Selvitys pohjautuu aikaisemmin tapahtuneisiin ja suunniteltuihin työvaiheisiin. Urakoitsijana hankkeessa toimii Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikkö. Suunnitellut työt on tarkoitus aloittaa vuoden 2015 alussa.

Työn aikana tutustuttiin erilaisiin aikatauluvaihtoehtoihin ja rakenteiden määräykseen, jotka vaikuttavat oleellisesti työn lopputulokseen. Työn aikana selvitettiin, kuinka rakennustyöt vaikuttavat pohjatöiden aikatauluun sekä pohjatöiden kapasiteetit, määräykset ja kaikki tarpeelliset suunnitelmat. Rakennustöitä edeltävät louhintatyövaiheet on aikataulutettu aikaisemmin, ja niiden vaikutus viemäritunnelin pohjan rakennustöihin on huomioitu työn yhteydessä. Hankkeen aikataulut on laadittu Planet+ 6.2 -ohjelmistolla.

Työn tuloksena syntyneitä suunnitelmia ja aikatauluja on tarkoitus hyödyntää vuonna 2015 alkavissa rakennustöissä. Selkeät suunnitelmat pienentävät kustannuksia ja selkeyttävät kokonaiskuvaa.

Construction Engineering
Study Programme
Infrastructure Construction

Author	Aapo Lahtinen	Year	2014
Supervisors	Kauko Nikkanen, Senior Lecturer		
Commissioned by	Skanska Infra Oy		
Subject of thesis	The Planning of the Base Work in the Mäntymäki–Vallila Sewer Tunnel Project.		
Number of pages	27 + 7		

The aim of this thesis was to plan the schedule and resources of Helsinki Region Environmental Services Mäntymäki–Vallila sewer tunnel project's base work. The report is based on previously planned and implemented work stages. The Skanska Infra Ltd Rock Building unit is operating as a contractor of the project. The construction work is meant to be started at the beginning of the year 2015.

A variety of scheduling options and also structure specifications, which substantially affect the outcome of the work, were explored during the study. The construction work affecting the base work schedule, the ground work capacities, regulations, and all the necessary plans were researched during the study. The work prior to the extraction stages scheduled in the past, and their impact on the bottom of the sewer tunnel construction work is taken into account in this study. The project schedule was compiled using Planet + 6.2 software.

The resulting plans and schedules are meant to benefit the construction work commencing in the year 2015. Explicit plans will reduce expenses and clarify the overall picture.

SISÄLTÖ

KUVIOLUETTELO.....	1
KÄYTETYT SELITTEET	2
1 JOHDANTO	3
2 URAKKA MÄNTYMÄKI-VALLILA-VIEMÄRITUNNELI	5
2.1 URAKAN SISÄLTÖ	5
2.2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE	7
3 LOUHINTATYÖT.....	8
3.1 RAKENNUSTÖITÄ EDELTÄVÄT LOUHINTATYÖT	8
3.2 LUJITUSTYÖT	11
4 RAKENNUSTYÖT.....	14
4.1 POHJATYÖT.....	14
4.1.1 Hukkaroiskeen poisto.....	14
4.1.2 Kalusto ja kapasiteetti.....	15
4.2 MURSKEPINTATYÖT	16
4.2.1 Murskemäärät	17
4.2.2 Kalusto ja kapasiteetti.....	17
4.3 POHJALAATAN BETONOINTI	18
4.3.1 Kalusto ja kapasiteetti.....	18
4.3.2 Betonia koskevat määräykset.....	19
4.3.3 Betonityönjohto	20
4.3.4 Työturvallisuussuunnitelma.....	21
4.3.5 Betonityösuunnitelma.....	21
4.3.6 Laadunvalvonta ja -varmistus.....	22
4.3.7 Työnsuorituksen laadunvalvonta.....	23
4.3.8 Betonoinnin jälkityöt	23
5 MÄNTYMÄKI-VALLILAN PYSTYKUILUT	24
6 YHTEENVETO.....	25
LÄHTEET	27
LIITTEET	28

KUVIOLUETTELO

Kuvio 1. Viemäritunnelin kartta	6
Kuvio 2. Takymetrillä mittaus	8
Kuvio 3. Panostus	9
Kuvio 4. Perän räjäytyksessä irronnut louhemäärä	10
Kuvio 5. CT-pultti	12
Kuvio 6. CT-pultit katossa	13
Kuvio 7. Turvaruiskutus	13
Kuvio 8. Viemäritunnelin profiilikuva	16

KÄYTETYT SELITTEET

Kuprikka	louhittu levennys lastauksen helpotukseksi
Tärylätkä	murskeen tiivistykseen tarkoitettu laite
Katko	louhittavan perän pituus, yleensä 5 metriä
RaKMK	rakennusmääräyskokoelma
Rusnaus	ylimääräisten irtokivien poisto louhitulta katkolta
Takymetri	maanmittauksessa käytettävä laite, jolla mitataan polaarisesti pisteiden sijainteja kojeeseen nähden
Pumppupotero	tunneliin louhittu syvennys, josta pumpataan poistovesilinjaa pitkin ylimääräiset vedet maan pinnalle
Perä	louhittu alue viemäritunnelissa, yleensä 5 metrin katko

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikölle. Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikkö urakoi Helsingin seudun ympäristöpalveluiden Mäntymäki–Vallila-viemäritunnelihankkeessa. Hanke sisältää viemäri- ja ajotunnelin sekä neljän pystykuilun louhinnat ja rakennustyöt sekä vanhan uimastadionin putkitunnelin kunnostamisen.

Työn tavoitteena oli tuottaa hankkeeseen pohjatöiden rakennusaikataulu, jonka pohjalta työt aloitetaan vuoden 2015 alussa. Rakennustyöt sisältävät lukuisia työohjeita ja määräyksiä, joihin on perehdytty työn aikana.

Suunnitelmien tarkoituksena on selvittää pohjan rakennustöiden vaikutus muihin rakennustöihin sekä työn kapasiteetit ja massamäärät, jotka vaikuttavat rakennustöiden kokonaiskustannuksiin. Kustannuksia on helpompi seurata tarkkojen massamäärien ja aikataulutusten pohjalta. Työssä esiintyvät kuvat ovat itse otettuja.

Skanska on yksi maailman johtavista rakentamis- ja projektinkehityspalveluita tarjoavista yrityksistä. Sen palveluksessa on noin 57 000 henkilöä. Skanskan toiminta kattaa rakentamispalvelut, toimitilojen ja asuntojen projektin kehityksen sekä julkisen sektorin elinkaarihankkeita. Vuosittainen hankkeiden toteutumismäärä on noin 12 000. Toimintaa on Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Latinalaisessa Amerikassa. Vuosittainen liikevaihto on 15,8 miljardia euroa. (Skanska Infra Oy 2014.)

Suomessa Skanskan palvelut kattavat talonrakentamisen, maa- ja ympäristöra-
kentamisen, talotekniikkapalvelut sekä asuntojen projektikehityksen. Skanska Oy:n alaisuudessa toimivat Skanska Infra Oy, Skanska Asfaltti Oy sekä Skanska rakennuskone Oy. (Skanska Infra Oy 2014.)

Skanska Infra Oy vastaa Skanska Oy:n infrarakentamisesta. Sen palveluihin kuuluvat väylä- ja siltarakentaminen, pohjarakentaminen, kalliorakentaminen, vesihuolto- ja teollisuusrakentaminen sekä alueinfrarakentaminen. (Skanska Infra Oy 2014.)

Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikkö on perustettu vuonna 2003. Sillä on pitkät perinteet kalliorakentamisessa ja ammattitaitoista henkilöstöä. Syksyllä 2014 käynnissä olevia hankkeita ovat Jätkäsaaren maanalaiset tilat sekä Mäntymäki–Vallila-viemäritunneli. Kalliorakennusyksikön aikaisempia hankkeita ovat olleet muun muassa Päijänne-tunnelin ajotunnelit, Kemin kaivoksen louhintaurakka, Kehäradan lentoaseman asema sekä ratatunnelit, Länsimetron Tapiolan eteläinen ja itäinen ajotunneli sekä Tapiolan ratatunnelit ja asema. (Skanska Infra Oy 2014.)

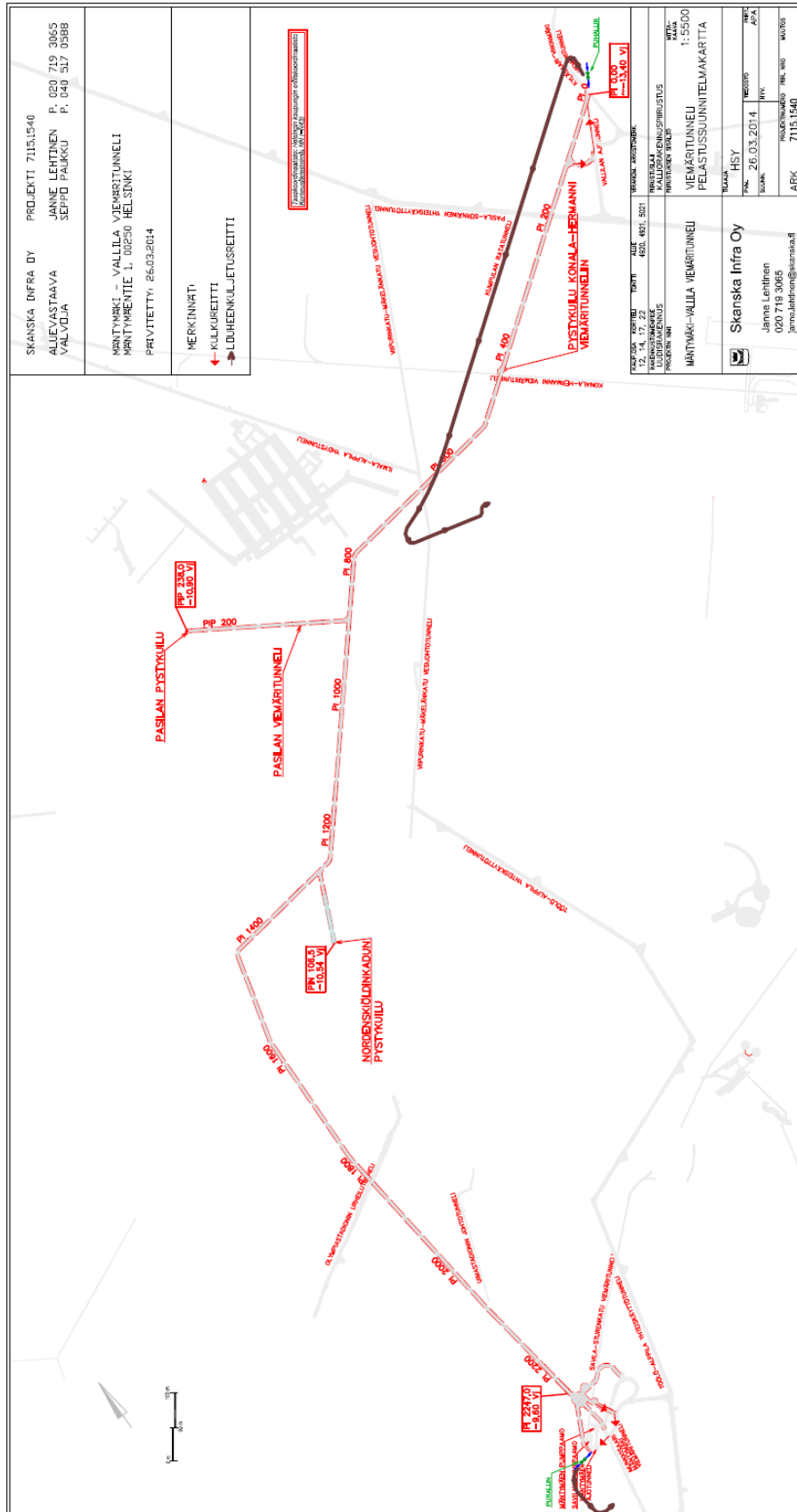
2 URAKKA MÄNTYMÄKI–VALLILA-VIEMÄRITUNNELI

2.1 Urakan sisältö

Mäntymäki–Vallila-viemäritunneli on Helsingin seudun ympäristöpalvelujen rakennuttama hanke, jonka tarkoituksena on parantaa viemäröintikapasiteettia ja yksinkertaistaa jäteveden kulkureittejä. Tunneli aloitetaan Mäntymäentieltä läheltä Olympiastadionia ja se on 2700 metriä pitkä. Se suuntaa kohti Pasilaa ja etenee Itä-Pasilan eteläpuolitse kohti Vallilaa. Mäntymäkeen louhitaan pumpaamohalli, jonka tilavuus on noin 3500 kuutiometriä. Tunneliosuus sisältää myös neljä pystykuilua sekä 150 metriä ajotunnelia. Urakan yhteydessä kunnostetaan uimastadionin huonokuntoinen putkitunneli. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2014.)

Tunnelin rakentaminen käynnistyi syksyllä 2013 ja se valmistuu vuoden 2015 loppuun mennessä. Viemäritunnelin rakentaminen ennakoi Keski-Pasilan ja Pisara-radan rakentamista. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2014.)

Kuviossa 1 esitetään Mäntymäki-Vallila-viemäritunnelin kartta.



Kuvio 1. Viemäritunnelin kartta
 (Skanska Infra Oy 2014.)

2.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää Skanska Infra Oy:n louhintaurakan Mäntymäki–Vallila pohjatöiden rakennussuunnitelma. Pohjätöihin sisältyvät hukkaroiskeenpoisto, murskepintojen teko sekä pohjalaatan valu. Työssä on otettava huomioon rakennustöitä edeltävät louhintatyöt sekä muut rakennustyöt, jotka hidastavat pohjatöiden valmistumista.

Rakennussuunnitelmien ja aikataulujen tekeminen ovat Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikössä haasteellista ja aikaa vaativaa työtä. Niiden merkitys korostuu työvaiheiden alkaessa ja kustannuksia laskettaessa.

Skanska Infra Oy:n Mäntymäki–Vallila-viemäritunnelihanke tarvitsee selkeät suunnitelmat rakennustöitä varten. Helposti käyttöön otettava suunnitelma selkeyttää töiden kokonaiskuvaa ja pienentää kustannuksia. Työn tarkoituksena on tuottaa selkeät suunnitelmat, jotka otetaan käyttöön vuoden 2015 alussa.

3 LOUHINTATYÖT

3.1 Rakennustöitä edeltävät louhintatyöt

Rakennustöitä edeltävät louhintatyöt on tarkoitus saada valmiiksi 11.1.2015 mennessä, jonka jälkeen alkavat lujitus- ja rakennustyöt. Louhintatöihin sisältyvät viemäri- ja ajotunnelin louhinnat sekä pystykuilujen louhinnat. Viemäritunneliä louhitaan kahdesta suunnasta, jolloin kalustoa on oltava kaksinkertainen määrä.

Ensimmäisen työvaiheena on perän mittaus takymetrillä, jotta saadaan oikea korkotaso ja suunta porajumbolle. Kuviossa 2 on esitetty takymetrillä mittaus viemäritunnelissa.



Kuvio 2. Takymetrillä mittaus

Mittauksen jälkeen porajumbo aloittaa porauksen perässä. Perän poraukseen kuluu aikaa 2–3 tuntia. Tarvittaessa suoritetaan tunnusteluporaus. Tunnusteluporauksen yhteydessä tehtävän vesimenekkikokeen tulokset kertovat onko injektointi tarpeellinen. Työvaiheen kestoa on vaikea arvioida, koska kiven laatu

vaihtelee tunnelissa. Mahdollisen injektoinnin jälkeen suoritetaan perän poraus, johon kuluu aikaa 1,5–3 tuntia. Porauksen jälkeen on vuorossa panostusvaihe. Perän panostukseen käytetään hankkeessa Anfoa ja kemix-putkipanoksia. Työvaihe kestää 1,5–2,5 tuntia. Kuviossa 3 on esitetty panostus viemäritunnelissa.



Kuvio 3. Panostus

Panostuksen jälkeen perä räjäytetään, jonka seurauksena tunnelia on tuuletettava 1–2 tuntia. Kuviossa 4 on esitetty räjäytyksen jälkeinen tilanne, kun räjäytyskaasut ovat hävinneet.



Kuvio 4. Perän räjäytyksessä irronnut louhemäärä

Räjäytyskaasujen poistumisen jälkeen perän kivet lastataan pyöräkoneella kuorma-autoihin, jotka siirtävät ne välivarastoon tunnelin ulkopuolelle. Kiven määrästä riippuen työvaihe kestää 2–3 tuntia. Rusnaus eli irtokivien poisto perästä tehdään kaivinkoneella. Rusnauspiikillä poistetaan irtokivet ja kauhalla tasataan ne tienpintaan. Rusnauksen yhteydessä kaivetaan tunnelin keskilinjalle oja, joka kuljettaa vesiä pumppupoteroihin. Työvaihe kestää 1–2 tuntia. Rusnauksen jälkeen tehdään lujitukset, jos ne katsotaan tarpeellisiksi. Työnjohtajien ja suunnittelijoiden päätöksellä arvioidaan tarvitseeko perän katkoa lujittaa. Lujitus työt kestävät 1–5 tuntia, työskentelytavasta riippuen.

Häiriöalttiimpia työvaiheita ovat poraus, panostus, räjäytys, injektointi ja tuuletus. Porauksessa, panostuksessa sekä injektoinnissa häiriöt aiheutuvat useimmiten kaluston rikkoutumisesta tai kallion huonosta laadusta. Huonot kalliolosuhteet voivat aiheuttaa räjähdysen epäonnistumisen. Räjäytyksen epäonnistumisen syyt ovat yleensä Nonel-nallin impulssiletkun katkeaminen tai jokin muu häiriö panostustilanteessa.

Tunnelilinjan tuuletusajat vaihtelevat eri vuodenaikoina. Kesällä ilmamassat ovat raskaampia tunnelin ulkopuolella ja ilma poistuu heikosti tunnelinsuuta kohti. Näin ollen kesällä tuuletukseen pitää varata reilummin aikaa kuin talvella. Myös työkoneiden vapautuvat häkämäärät on otettava huomioon varsinkin ke-säaikaan. Näitä määriä pyritään mittaamaan häkämittareilla työturvallisuuden takaamiseksi.

Viemäritunnelissa injektointi tapahtuu pääsääntöisesti tunnustelemalla, mutta joissakin kohdissa injektointi tapahtuu säännöllisesti 20 metrin välein. Tunnusteluporauksessa porataan 15 metrin välein neljä 20 metrin reikää, yksi jokaiseen kulmaan (liite 2) ja niistä otetaan vesimenekikokeet. Kokeella mitataan, kuinka paljon vettä virtaa porareiän sisälle tietyn aikajakson aikana. Tämän hankkeen työmääräyksessä veden pumppausajaksi on annettu viisi minuuttia ja paineen on oltava 0,5 baaria. Vesimenekikokeesta lasketaan lug-arvo, joka syntyy alla olevan kaavan mukaisesti.

$$Lug - arvo = \frac{\text{Porareikään menevän veden määrä}}{\text{Porareiän pituus} \times \text{aika} \times \text{paine}} \quad (1)$$

Louhintojen yhteydessä viemäritunneli louhitaan teoreettista suunnitelmaa isommaksi, jotta työskentely tunnelissa olisi helpompaa. Halkaisijaltaan 800 millimetrin tuuletustorvi kulkee tunnelilinjan katossa ja työkoneiden leveyden vuoksi viemäritunnelin profiilia on levennetty noin 40 senttimetriä. Hankkeen aikataulusuunnitelmissa viikoittainen louhinta-aikataulu sisältää 50 metriä viemäritunnelin louhintaa, joka tarkoittaa 10 normaalimittaista viiden metrin katkoa.

3.2 Lujitustyöt

Louhinnan aikana tapahtuvat lujitustyöt ovat työnaikaisia lujituksia. Ne sisältävät pulttitukset ja turvaruiskutuksen. Työnaikaiset pulttitukset ovat kolmen metrin CT-pultteja, mutta pulttien pituus voi vaihdella kiven laadun mukaisesti.

Turvaruiskutus tapahtuu teräskuidullisella betonimassalla. Teräskuitubetonin tarkoituksena on parantaa maanalaisen kallion lujuutta ja turvallisuutta. Betonimassan sekaan ruiskutetaan erillisestä linjasta kiihdytinainetta, joka edistää betonin kovettumista ja tarttumista kalliopinnoille. Häiriöitä syntyy yleensä betonimassan laadun tai kaluston kunnossapidon suhteen.

Lopulliset lujitukset tapahtuvat louhintojen jälkeen. Tavoitteena on kuitenkin, että osa lujituksista voitaisiin suorittaa jo louhintaurakan yhteydessä. Pulttien asennus suoritetaan louhintojen ohella, mutta betoniruiskutukset vasta louhintojen jälkeen. On arvioitu, että viemäritunnelin katto kainalosta kainaloon ruiskutetaan kokonaan kuiduttomalla massalla ja seinistä noin 70 prosenttia tulisi ruiskutettavaksi, mutta todellisuudessa lopulliset ruiskutukset määrittää suunnittelija. Lopulliseen kuiduttomaan ruiskutukseen on arvioitu menevän 1700 kuutiota ruiskubetonimassaa. Aikataulullisesti lopulliset ruiskutukset on tarkoitus saada päätökseen viikon 11 aikana (liite 1).

Lopulliset pultit viemäritunnelissa ovat harjateräspultteja, porapultteja sekä CT-pultteja. Pultit juotetaan juotosmassalla ja osa injektoidaan tarvittaessa. CT-pultti on kalliolujitukseen suunniteltu yhdistelmäpultti, jossa mekaanisen paisuntakuorianankkurin avulla saadaan aikaan välitön lujitus kalliolle (kuvio 5).



Kuvio 5. CT-pultti

Kuviossa 6 on esitetty CT-pulttien sijainti huonossa kivilaadussa. CT-pultteja ei asenneta kiinni perä seinään, etteivät ne irtoa seuraavaa katkoa louhittaessa.



Kuvio 6. CT-pultit katossa

Betoniruiskutuksen yhteydessä ilmanlaatu on huono (kuvio 7).



Kuvio 7. Turvaruiskutus

4 RAKENNUSTYÖT

4.1 Pohjatyöt

4.1.1 Hukkaroiskeen poisto

Lujitustöiden jälkeen, kun betoniruiskutukset ovat ohi, aloitetaan betoniroiskeen poisto viemäritunnelin pohjasta. Kaikki betonimassa ei kiinnity kalliopintaan ja hukkaprosentiksi tulee noin 30 prosenttia.

Viemäritunneli on teoreettiselta leveydeltään neljä metriä, mutta työn helpottamiseksi se on louhittu 4,4 metriä leveäksi. Hukkaroiskeen poiston neliömäärä voidaan laskea määrittämällä tunnelilinjan pohjan pinta-ala, kun viemäritunnelin linja on 2700 metriä pitkä. Laskelmat pohjautuvat kuvioon 8.

$$\text{Pohjaluisikan pituus} = \sqrt{2000^2 + 500^2} \times 2 = 4123 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\text{Pohjan pinta - ala} = (4,12\text{m} + 0,4) \times 2700\text{m} = 12212 \text{ m}^2 \quad (3)$$

Pohjan pinta-alaa laskettaessa on otettava huomioon, että laskelma sisältää vain viemäritunnelin teoreettisen pohjanpinta-alan, sillä se on todellisuudessa suurempi. Skanska Infra Oy:n kalliorakennusyksikön aikaisempien urakoiden kokemuksen mukaan voidaan olettaa, että kertoimella 1,1 laskettaessa, ollaan lähellä todellista arvoa, joka sisältää myös kuprikoiden kohdat. Tällöin pinta-ala lasketaan seuraavasti:

$$\text{Lopullinen pohjan pinta - ala} = 12212 \text{ m}^2 \times 1,1 = 13433 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Hukkaroiskeen poiston yhteydessä pohja on tarkoitus tasata mahdollisimman lähelle murskeen alapinnan korkoa, jolloin mursketta kuluisi vain laskettu määrä.

4.1.2 Kalusto ja kapasiteetti

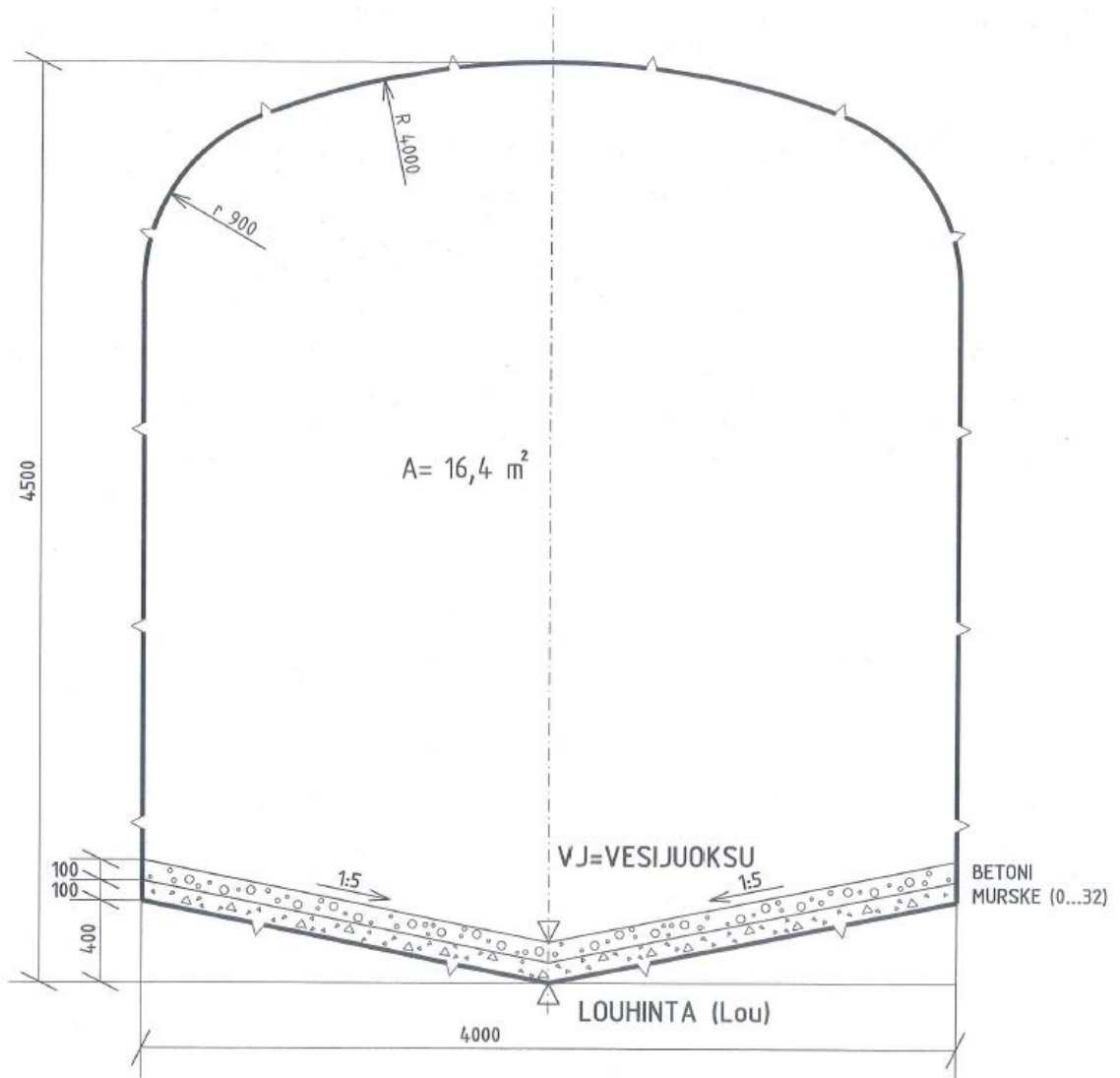
Pohjatöissä käytetään seuraavaa kalustoa:

- pyöräalustainen kaivinkone
- pyöräkuormaaja
- kuorma-autoja
- mittauskalusto.

Hukkaroiskeen poistossa pohjan pinnasta poistetaan betoniruiskutuksessa pudonnut massa ja pohjanpinta muotoillaan mahdollisimman lähelle teoreettista murskekerroksen pohjantaso. Seinälinjoille on merkitty korko, jonka mukaan pohjapinnan taso kaivetaan oikeaan korkotasoon. V-kirjaimen muotoinen pohja (kuvio 8) saadaan oikeaan korkotasoon mitattaessa tasolaserilla ja takymetrillä. Helpoin tapa päästä lähelle oikeaa korkotasoa on tehdä korkokeppi, jolla pystyy määrittämään 1:5 olevan luiskan kaltevuutta. Pohjatöiden teossa on otettava huomioon, että massat tiivistyvät jonkin verran.

Kun kaivinkoneella kaivetaan pohjantaso oikeaan korkotasoon, siirretään ylimääräinen massa kuprikoihin, jotka sijaitsevat noin 200 metrin välein viemäritunnelissa (liite 3). Hukkaroiskeen poisto on mahdollista tehdä kahdella kaivinkoneella yhtä aikaa, mikäli aikataulu niin vaatii. Kuprikoiden kohdalle tehdään 1:5 luiska murskeesta, jonka päälle valetaan pohjalaatta (kuvio 8). Kuprikoita on viemäritunnelilinjalla yhteensä kahdeksan kappaletta ja niiden pohjatyöt on otettu huomioon suunnitelmissa.

Mäntymäen ylemmän tason viemäritunnelin pohjatyöt on tarkoitus tehdä ennen viemäritunnelilinjan pohjatöitä. Tunneli puhkeaa vanhaan viemäritunneliin ja se on profiililtaan viemäritunnelia pienempi. Tunneli haarautuu Mäntymäen pumpaamon kohdalta eri suuntaan viemäritunnelilinjan kanssa, joten siellä työskentely louhintojen yhteydessä on mahdollista.



Kuvio 8. Viemäritunnelin profiilikuva

4.2 Murskepintatyöt

Hukkaroiskeen poiston jälkeen viemäritunnelin pohjalle tehdään murskeesta v-
kirjaimen muotoinen murskepintapeti (kuvio 8). Mursketta menee teoreettisesti
10 senttimetriä pohjanpinnan tason päälle, mutta todellisuudessa määrä on pai-
koittain suurempi. Kustannusten kannalta on otettava huomioon, että murske-
pinnan alatasen on oltava mahdollisimman lähellä oikeaa korkoa, jotta murske-
määrät eivät kasva laskettua isommiksi.

4.2.1 Murskemäärät

Kaavan 4 tuloksena saatu pinta-ala kerrotaan murskemäärän paksuudella seuraavasti:

$$\text{Pohjan murskemäärä} = 13433 \text{ m}^2 \times 0,1 \text{ m} = 1343 \text{ m}^3 \quad (5)$$

Todellisuudessa pohjan murskemäärä on suurempi. Tunneliprofiilin todellinen leveys ei vastaa teoreettisesti määritettyä 4,4 metrin leveyttä ja kuprikoiden murskepinnat lisäävät murskeen määrää. Skanskan kalliorakennusyksikön aikaisempien urakoiden pohjalta voidaan olettaa, että todellinen murskeen määrä on laskettua suurempi. Valitsimme kertoimeksi 1,5, jolloin murskeen määräksi tulee 2014,5 m³rtr.

Murskepintatyöt on tarkoitus aloittaa keskeltä viemäritunnelia kahteen eri suuntaan. Louhintavaiheessa puhkaisu tapahtuu noin 1100 paalulla, josta aloitetaan myös murskepintojen teko. Pasilan pystykuilun tunnelin on saavutettava viemäritunnelin linja, jotta päästään jatkamaan sujuvasti kohti paalua nolla (liite 1).

Viemäritunnelin ja kuilujen rakennustyöt on otettu huomioon pohjatöiden aikataulutuksessa. Ensin on tehtävä kuilujen rakennustyöt, koska valetun pohjalaa-
tan päällä ei voi ajaa raskaalla kalustolla. Avonaisten kuilujen alapään rakennustyöt on mahdollista tehdä yläkautta maanpinnalta.

4.2.2 Kalusto ja kapasiteetti

Murskepinta töissä kalustona käytetään:

- pyöräalustainen kaivinkone (tarvittaessa 2kpl)
- kuorma-autot (2–4 kpl)
- pyöräkuormaaja
- kaivinkoneeseen kiinnitettävä tärylätkä
- takymetri ja tasolaser

- korkokeppi, jossa luiska 1:5.

Pohjan murskepintatyöt on ajoitettava pohjalaatan valun yhteyteen. Tarkoituksena on saada valmiiksi 50 metriä viemäritunnelin pohjatöitä päivässä. Kuprikoiden kohdat hidastavat työtä, joten 50 metrin tavoite ei ole realistinen jokaisessa kohdassa. Tarvittaessa murskepintatyöt tehdään yöllä, jolloin päivällä jää hyvin aikaa pohjalaatan valulle.

4.3 Pohjalaatan betonointi

Pohjalaatan betonointi on tarkoitus aloittaa heti, kun aikaisemmat työvaiheet ovat valmiita. Vallilan ajotunneli on käytössä huhtikuulle 2015 asti, jonka jälkeen kulku viemäritunneliin tapahtuu Mäntymäentien puoleisesta ajotunnelista. Työvaiheessa on otettava huomioon, että valetun betonin päällä ei pysty liikkumaan raskaalla kalustolla. Rakennustyöt tulevat hidastamaan pohjalaatan valmistusta.

4.3.1 Kalusto ja kapasiteetti

Pohjalaatan betonoinnissa käytetään seuraavaa kalustoa:

- rakennusammattimiehet (4 kpl)
- vibrat (2 kpl)
- hiertimet (2 kpl)
- betoniautot (4 kpl)
- muut työkoneet.

Viemäritunneliin voidaan kuljettaa betonia vain kuuden kuution kuormissa, koska suuremmat betoniautot eivät mahdu tunneliin. Kustannusten kannalta olisi tehokkaampaa, jos urakoitsijalla olisi omat betoniautot käytössä. Betoni tilataan Rudus Oy:lta, jolta on mahdollista saada myös betonin kuljetus. Jos kuljetus tilataan sieltä se maksaa enemmän, koska autojen purkuajat vaihtelevat puolesta tunnista jopa reiluun tuntiin. Kuljetus sisältää automaattisesti 20 minuutin

purkuajan, jonka jälkeen jokainen alkava viisiminuuttinen laskutetaan erikseen. Aliurakalla hankitut betoniautot tulisivat edullisemmaksi.

Pohjan betonilaatan suunniteltu valumäärä päivässä on 50 metriä, jolloin päivittäinen betonimassan määrä olisi:

$$\text{Pohjaluisikan pituus} = \sqrt{2000^2 + 500^2} \times 2 = 4123 \text{ mm} \quad (1)$$

$$\text{Pohjalaatan pinta – ala} = 4,12\text{m} \times 0,1\text{m} = 0,41 \text{ m}^2 \quad (6)$$

$$50\text{m pohjalaattaa päivässä} = 0,41\text{m}^2 \times 50\text{m} = 20,5 \text{ m}^3 \quad (7)$$

Teoreettisesti päivän valumäärä on 20,5 m³, mutta todellisuudessa viemätunnelin profiili on isompi. Tunnelin todellinen leveys on noin 4,4 metriä, joten betonin todellinen menekki voidaan laskea leveydellä 4,512.

$$\text{Todellinen pohjalaatan pinta – ala} = 4,512\text{m} \times 0,1\text{m} = 0,45\text{m}^2 \quad (8)$$

$$50\text{m pohjalaattaa päivässä} = 0,45\text{m}^2 \times 50\text{m} = 22,5\text{m}^3 \quad (9)$$

Kaavalla 9 laskettaessa päivittäinen betonin määrä olisi 22,5 kuutiota, mutta kun otetaan huomioon hukkamäärät, todellinen betonin määrä olisi noin 24 kuutiota. Viemäritunneliin betoni kuljetetaan kuuden kuution kuormissa, joten 24 kuution määrän kuljetus voidaan organisoida järkevästi.

4.3.2 Betonia koskevat määräykset

Betonia koskevat määräykset on esitetty Suomen Betoniyhdistyksen kirjan luvussa 4.1.1:

- Betoni osa-aineiden, betonimassan ja kovettuneen betonin tulee täyttää standardissa SFS-EN 206-1 asetetut vaatimukset.
- Kiviaineksen suurin raekoko saa olla enintään 40 prosenttia rakenteen paksuudesta.
- Betonin suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta.

- Sementin tulee olla standardin SFS-EN 197-1 mukaisesti CE-merkittyjä.
- Betonin valmistamiseen on käytettävä SFS-EN 12620 mukaista kiviainesta, jonka tulee olla CE-merkitty.
- Kiviaineksen ylänimellisraja saa olla enintään 40 prosenttia rakenteen paksuudesta.
- Lisäaineiden tulee olla CE-merkittyjä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2012. 99–100.)

Betonimassa luokitellaan notkeutensa perusteella taulukon 1 mukaisesti:

Taulukko 1. Betonimassan notkeus. (Betoniteollisuus ry 2014.)

Notkeus	Notkeusluokka	Painuma
Nesteytetty	S4	160 - 210 mm
Vetelä	S3	100 - 150 mm
Notkea	S2	50 - 90 mm
Jäykkä	S1	10 - 40 mm

4.3.3 Betonityönjohto

Betonitöitä johtamaan on asetettava betonityönjohtaja, jolla täytyy olla Suomen RakMK osan B4 kohdassa 1.2 määritelty työn luokkaa vastaava betonijohtajan pätevyys. Betonityönjohtajan on huolehdittava betonikohteen tarkastuksista ennen betonointia ja vastattava kaikista betonitöistä. (Pöyry Finland Oy 2012. 8–9.)

Ennen betonoinnin alkua on suoritettava RIL 149 kohdan 4.1 mukaiset valmistelu- ja tarkastustoimenpiteet. Pohjalaatan valun betonointia edeltävien työvaiheiden suunnittelu:

- suunnitelmien läpikäynti
- varausten ja tartuntojen tarkastus
- betonoitavien alueiden ja työsaumojen puhdistus

- työturvallisuus
- häiriöihin varautuminen. (RIL 1995. 59.)

4.3.4 Työturvallisuussuunnitelma

Työsuunnittelun tehtävänä on huolehtia, että betonointi ja sitä edeltävät ja seuraavat työvaiheet voidaan suorittaa turvallisesti. Erityisesti on kiinnitettävä huomiota kuilujen alla työskentelyyn ja työkonoiden liikenteeseen. Maanalaisessa työskentelyssä valon määrä on rajallinen ja siihen on kiinnitettävä erityistä tarkkuutta. (RIL 1995. 59–60.)

4.3.5 Betonityösuunnitelma

Betonointisuunnitelma on yksi työmaalla tarvittavista työmaan kokonaissuunnitelmaa täydentävistä erikoissuunnitelmista. Rakennustyön alkuvaiheessa laadittua betonointisuunnitelmaa täydennetään työn kuluessa ja betonointipyöräkirjan pito lopetetaan vasta, kun lopullinen tarkastus on suoritettu. Betonointisuunnitelman huolellinen laadinta ja koko betonointiprosessin kirjaus työn luovuttamiseen saakka on työmaan ainoa mahdollisuus osoittaa oikeat työmenetelmät. (RIL 1995, 56–57.)

Suunnitelman tekoa varten kootaan kaikki tarpeellinen tieto onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Tärkeimmät tutkittavat asiakirjat ja määräykset ovat:

- rakennepiirustukset
- työselitykset ja urakkaohjelma
- rakennustyöselostus
- erillinen betonointityöselitys
- betoninormit
- liittyvien rakenteiden toleranssit
- betonipintojen luokitusohjeet

- yleisaikataulu
- kalusto
- betoninhankinta ja kuljetusmatka
- olosuhteet. (RIL 1995. 56–57.)

Betonointisuunnitelma on laadittava yhteistyössä rakennesuunnittelijan kanssa. Suunnittelijan kanssa käydään läpi tavoitteet ja toimenpiteet. Rakennesuunnittelija huolehtii siitä, että suunnitelmissa ja asiakirjoissa on esitetty kaikki normeissa ja erikoisohjeissa materiaaleille ja lopputuotteelle asetetut vaatimukset. Rakennesuunnittelija vastaa myös siitä, että lopputulos on annettujen vaatimusten mukaan toteutettu ja vastaa sille asetettuja tavoitteita. Betonipinnoille asetetut vaatimukset esitetään suunnitelmissa. (RIL 1995. 56–57.)

4.3.6 Laadunvalvonta ja -varmistus

Betonirakenteiden kelpoisuuden varmistamiseksi on suoritettava valmistuksen laadunvalvontaa. Betonin valmistuksesta, betonoinnista ja sen jälkeen tapahtuvasta jälkityöstä tehdään laadunvalvonnan yhteydessä muistiinpanot, joiden perusteella on tarvittaessa mahdollista jälkeenpäin selvittää työnsuorituksen tapahtumat. (Suomen Betoniyhdistys r.y 2012. 141.)

Betonointipöytäkirjassa on mainittava seuraavat asiat:

- rakennustyömaan ja betonitehtaan tunnustiedot, betonityönjohtajat, betonilaborantit ja heidän työaikansa
- valmisbetonin kuormakirjat sekä rakennuspaikalla tehtävien kelpoisuuskoekappaleiden tunnuksat
- betonointiolosuhteita koskevat tiedot ja niiden vaativat toimenpiteet
- betonimäärä betonointijaksoittain.
- betonointitapa

- betonoinnin alkaminen ja päättyminen, työssä ilmenevät ongelmat, jälkihoito sekä betonin lämpötilan seuranta ja lämpökäsittely
- rakennustarkastajan määräykset
- rakenteiden tarkastukset
- muut tarpeelliset asiat. (Suomen Betoniyhdistys r.y 2012. 141.)

4.3.7 Työnsuorituksen laadunvalvonta

Betonityönjohtaja valvoo rakenteiden valmistuksen aikana, että betonitoista ja mittatarkkuuksista laaditaan vaadittavat pöytäkirjat ja annettuja ohjeita noudatetaan. Betonimassan laatua valvotaan betonin valmistuksen ja betonoinnin aikana. Massan notkeutta ja vaadittaessa ilmapitoisuutta sekä muita ominaisuuksia valvotaan sopivaa mittaustapaa käyttäen. Koekappaleita tehtäessä mitataan betonimassan notkeus ja lämpötila. Betonin lujuudenkehitystä seurataan esimerkiksi lämpötilamittausten tai koekappaleiden avulla. Näitä menetelmiä käytetään suunnitelmien edellyttämän lujuuden varmistamiseen. Lujuuden kehitykset on esitetty liitteissä 5 ja 6. (Suomen Betoniyhdistys r.y 201. 148.)

4.3.8 Betonoinnin jälkityöt

Jälkihoidon tarkoituksena on estää veden haihtuminen ja säilyttää riittävä lämpö valetussa betonimassassa. Pinnan jälkihoito on ratkaiseva tekijä betonin pintaosan lujuuden, kulutuskestävyyden, tiiviiden ja pakkasenkestävyyden sekä korroosiosuojauksen varmistamista varten. Kun kyseessä on vaativissa olosuhteissa olevat rakenteet, jälkihoidon tulee jatkua niin kauan, että betoni on saavuttanut pääosan loppulujuudestaan (liitteet 5 ja 6). Toisaalta jälkihoidon tarkoituksena on estää liian suuret lämpötilaerot rakenteissa, joiden poikkileikkausmitat samalla valualueella vaihtelevat merkittävästi. Jälkihoitoaineita voidaan käyttää, jos kyseessä on nopeasti pinnoitettavaksi tarkoitettu kohde. Tartuntakokeilla voidaan varmistaa jälkihoitoaineiden tartunta betonipintaan. (RIL 1995. 78–79.)

5 MÄNTYMÄKI–VALLILAN PYSTYKUILUT

Mäntymäki–Vallila-viemäritunnelihankkeeseen sisältyy neljä pystykuilua, Nordenskiöldinkadun pystykuilu, Pasilan pystykuilu, Mäntymäen pumppaamon pystykuilu sekä Konala-Hermannin pystykuilu. Niiden louhinta suoritetaan viemäritunnelin linjan louhinnan yhteydessä. Hankkeessa tehtävät puhkaisut muihin tunneleihin suoritetaan vasta urakan loppuvaiheessa.

Pystykuilujen alapään rakennustöille on tehty oma aikataulu, joka on otettava huomioon viemäritunnelin pohjatöitä tehdessä. Pasilan ja Nordenskiöldinkadun pystykuilulle tulee omat haarat viemäritunnelilinjasta ja niiden alapuoliset rakennustyöt on saatava valmiiksi ennen pohjatöiden teon aloittamista. Haarojen louhinta tapahtuu viemäritunnelin louhinnan yhteydessä. Pasilan pystykuilun viemäritunneliosuuden pituus on 238 metriä ja sen louhinnat tulevat päättämään hankkeen louhintatyöt. Pasilan ja Nordenskiöldinkadun pystykuilujen alapuoliset rakennustyöt on mahdollista tehdä myös ylhäältä käsin, mutta se ei ole välttämätöntä mikäli aikataulu mahdollistaa alakätiset työt.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Helsingin seudun ympäristöpalvelun Mäntymäki–Vallila-viemäritunnelihankkeen pohjatöiden rakennusaikataulu sekä selvittää työskentelytavat ja massamäärät rakennustöiden osalta.

Lähtöoletus on, että louhinnat valmistuvat 11.1.2015 mennessä, jonka jälkeen aloitetaan lujitus- ja rakennustyöt. Opinnäytetyön perusteella määritettiin Planet+ 6.2 ohjelmalla aikataulusuunnitelma lopullisille lujituksille sekä pohjan rakennustöille.

Työn alkuvaiheessa perehdyttiin rakennustöitä edeltäviin louhintatöihin, jotka valmistuvat ennen rakennustöitä. Louhintatyömaalla on aina tehtävä selkeät suunnitelmat ja aikataulut sekä työvaiheista, että hankkeen kokonaiskuvasta.

Työn konkreettisena tuloksena syntyi pohjatöiden rakennusaikataulu, betonointisuunnitelma, lasketut massamäärät sekä työvaiheiden määräykset. Liitteen 1 mukaista aikataulua on tarkoituksena hyödyntää vuoden 2015 alussa alkavissa viemäritunnelin pohjan rakennustöissä.

Hankkeen ongelmaksi kehittyi työvaiheiden sovittaminen yhteen, jotta hankkeesta tulisi sujuva. Oli otettava huomioon edelliset työvaiheet tarkasti ennen seuraavien aloittamista. Massamäärät oli määritettävä tarkkaan, etteivät kustannukset pääsisi nousemaan suuriksi. Jokaisessa työvaiheessa oli kiinnitettävä erityistä tarkkuutta toleransseihin, jotka määrittävät korkotasojen pintatasot.

Työn aikana syntyi keskustelua toimeksiantajan ohjaajien kanssa rakennustöiden aikataulusta. Rakennusaikataulun sovittaminen yhteen lujitustöiden aikataulun kanssa toi omat haasteensa rakennustöiden suunnitteluun. Jokaisella työmaalla on kiire ja työvaiheiden kestot herättivät keskustelua. Työvaiheiden kapasiteetteja laskettaessa oli tarkkaan mietittävä todellisia työskentelytehoja ja -olosuhteita.

Kävimme työnjohtajien kanssa läpi aikataulua ja työmääräysten sovittamista hankkeeseen. Myös työnjohtajien täytyy perehtyä suunnitelmiin ja ohjeisiin ja noudattaa niitä tarkasti rakennustöiden aikana.

LÄHTEET

Betoniteollisuus ry 2014. Betonin notkeusluokitus. Viitattu 26.9.2014.
<http://www.betoni.com/Download/21845/Betoninormien%20by50%20ja%20B4%20vaikutukset.doc>.

Helsingin seudun ympäristöpalvelut 2014. Viemäritunneli parantaa viemärointi-kapasiteettia kantakaupungissa. Viitattu 19.9.2014.
http://www.hsy.fi/ajankohtaista/uutisarkisto/2013/Sivut/Uusi_viemaritunneli_paranntaa_viemarointikapasiteettia_kantakaupungissa.aspx

Pöyry Finland Oy 2012. Betonirakenteiden työselostus. 24.10.2012.

RIL 1995. RIL 149.

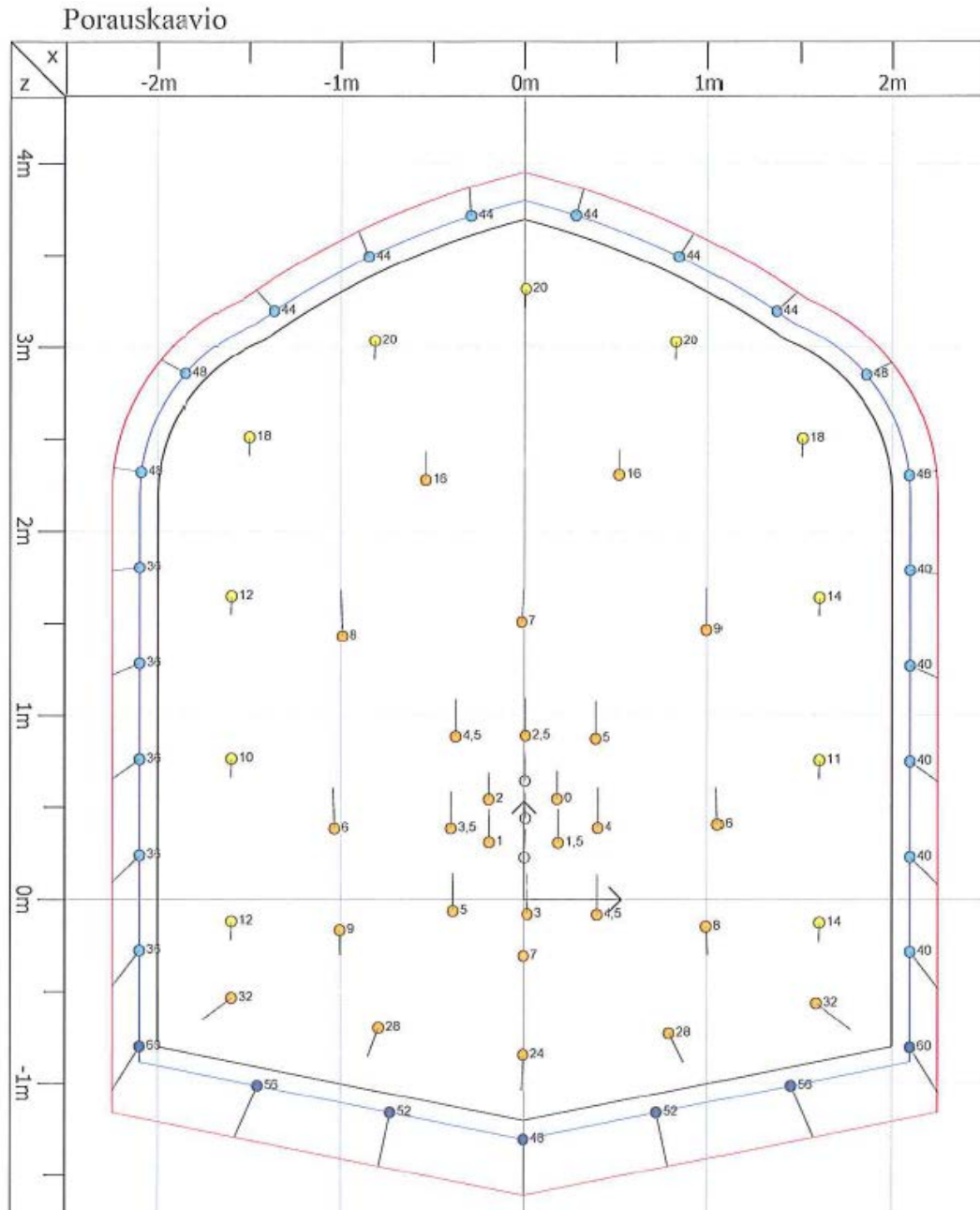
Skanska Infra Oy 2012. Mäntymäki–Vallila-viemäritunnelihankkeen aineisto

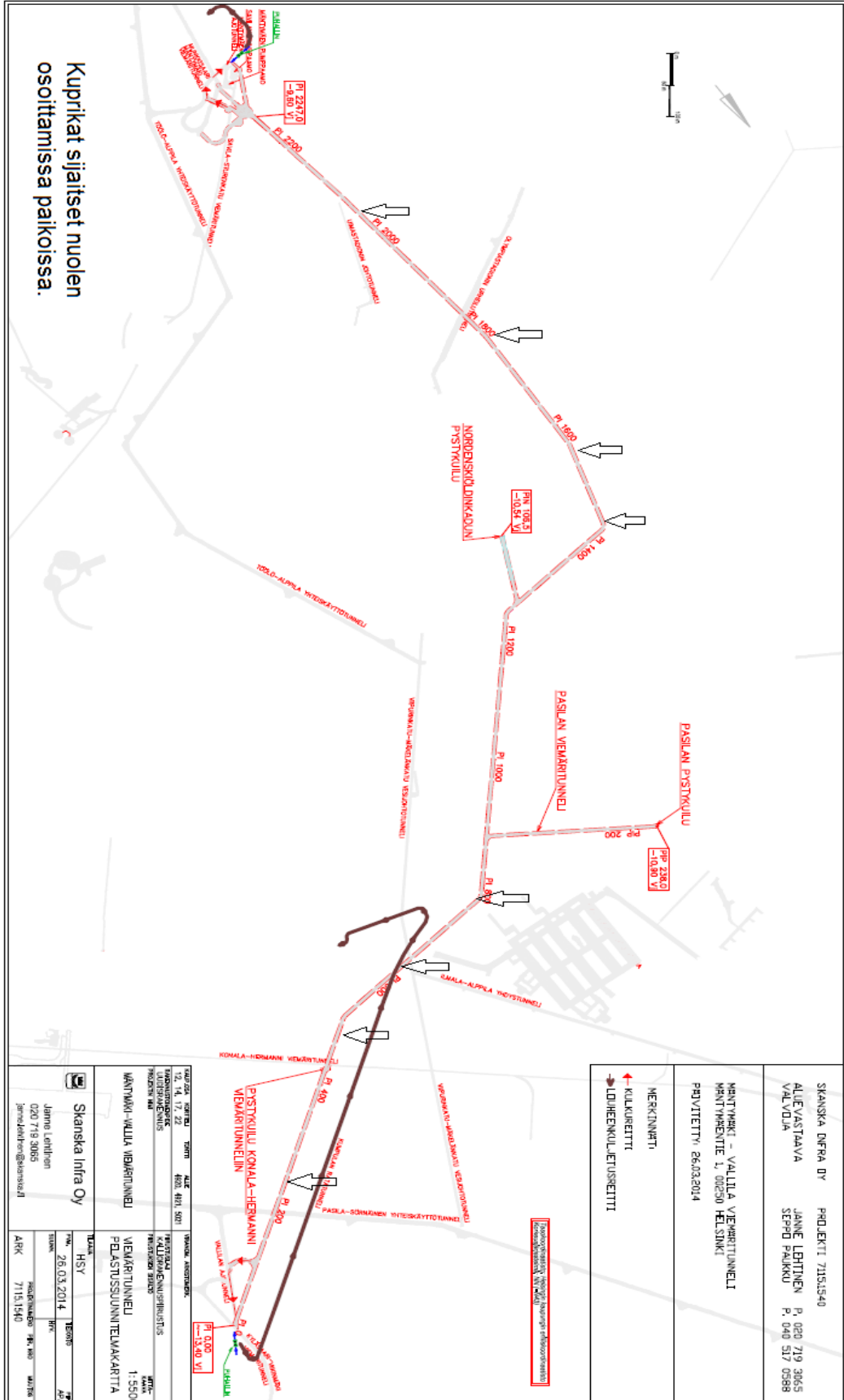
Skanska Infra Oy 2014. Intranet.

Suomen Betoniyhdistys r.y. 2012. Betoninormit.

LIITTEET

- Liite 1. Pohjatöiden rakennusaikataulu
- Liite 2. Porauskaavio
- Liite 3. Kuprikoiden sijainnit kartalla
- Liite 4. Betonityösuunnitelma
- Liite 5. Normaalisti kovettuva betoni
- Liite 6. Nopeasti kovettuva betoni

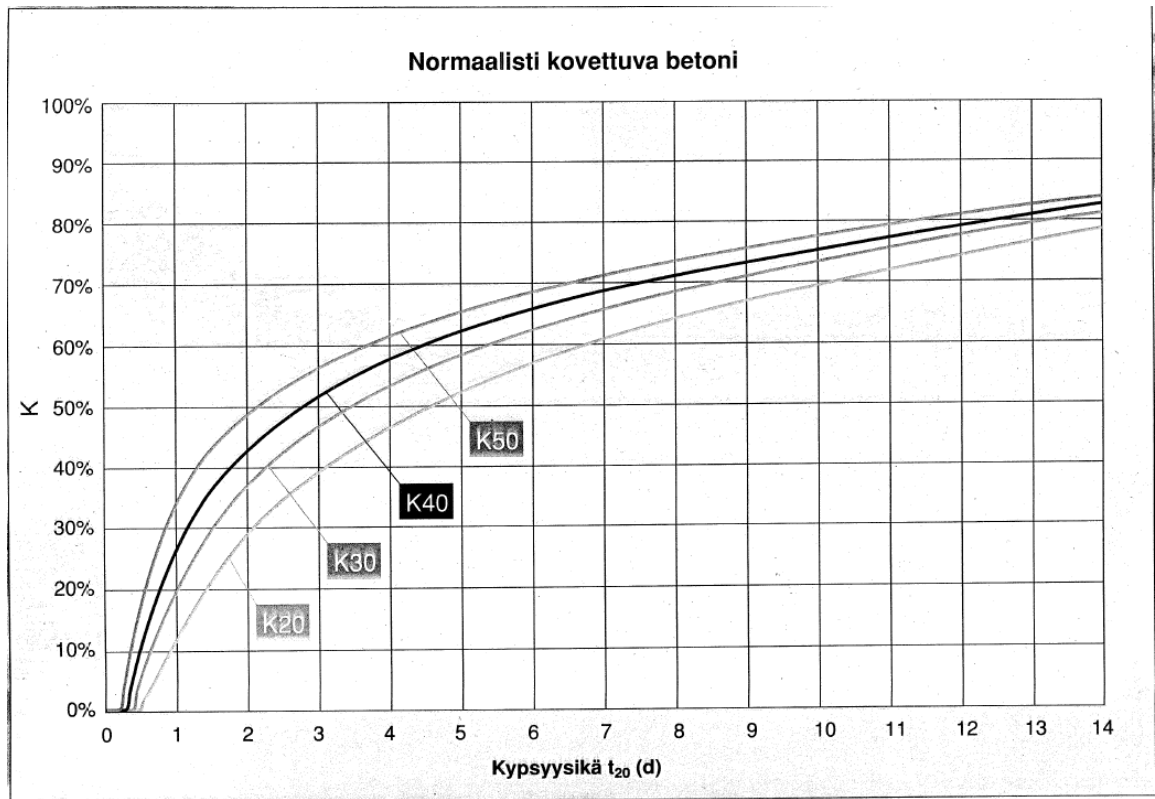




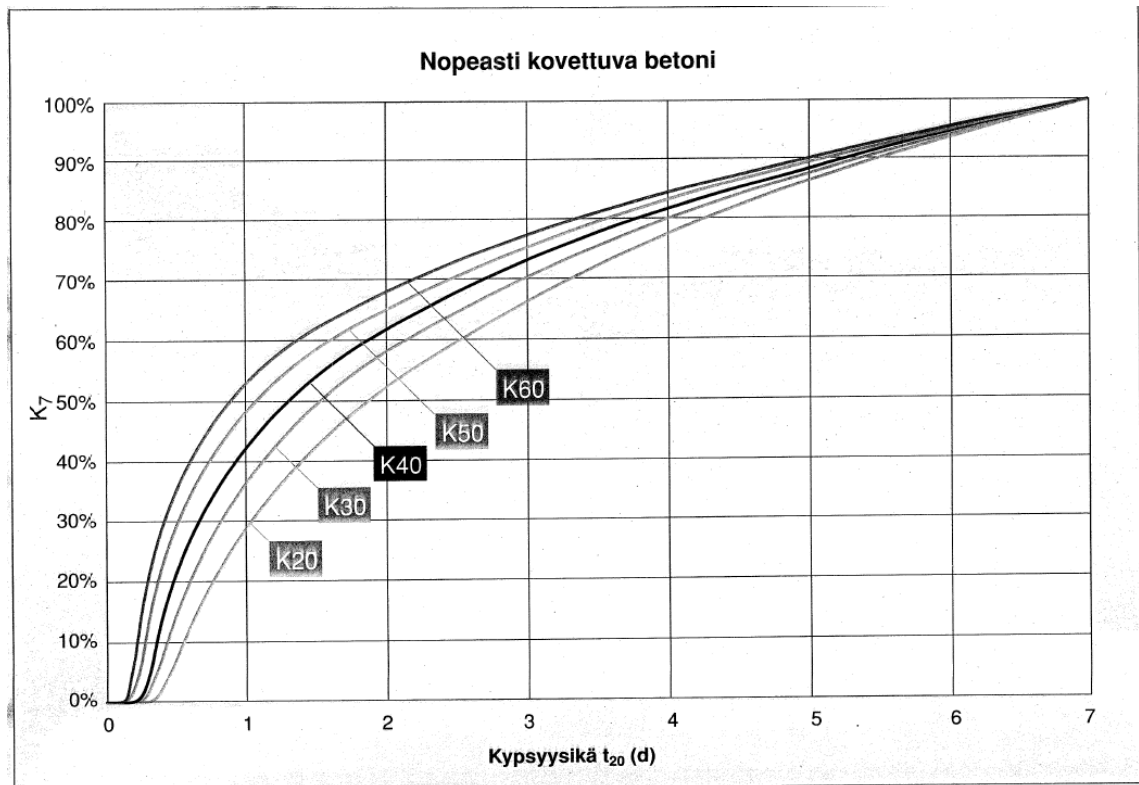

Betonointisuunnitelma
 Skanska Infra Oy

Y313B-L1
 29.12.2008

Projekti / urakka / työmaan nimi / työnumero		Pvm
HSY Mäntymäki - Vallila viemäritunneli / Skanska Infra Oy / 7115.1540		30.9.2014
Rakennuttaja / tilaaja		Vastaava työnjohtaja
Helsingin seudun ympäristöpalvelut		Janne Lehtinen
1. Rakenneosa		
	Viemäritunnelin pohjalaatta	
2. Aloitusedellytykset		
	<input type="checkbox"/> Alaurak. selvitetään työn laatu ja tot.tapa, aloituspalaveri pidetään / pidetty <input type="checkbox"/> Valupohja tarkastettu ennen betonointia <input type="checkbox"/> Tarkemitat muotista <input type="checkbox"/> Raudoitus tarkastettu <input type="checkbox"/> Muotin kastelu ennen bet. tar. / ei tarv. <input type="checkbox"/> Lämpötilalangat asennettu <input type="checkbox"/> Varakaluston saanti varmistettu	
3. Perustamistapa		
	Murskepinnan päälle valettava 10 cm pohjalaatta.	
4. Betonimassa / betonointi		
	Betoni k40-2	
	Notkeus 5-10 VB	
	Suunniteltu käyttöikä 100 vuotta	
5. Jälkihoito		
	Suomen RakMK osan B4 kondan 4.2.4.3 ja RIL 149 kohdan 4.9 mukainen suojaus.	
	Jälkihoidon vähimmäisajat betonille on esitetty By 50 taulukossa 4.15 (liite 1 ja liite 2).	
6. Käytettävä kalusto / resurssit		
	50 metriä betonilaatan valua päivässä	
	Työnjohtaja, rakennusmiehet 4 kpl, betoniautot 4kpl, työvälineet, mittauslaitteet	
7. Työsuojelu / riskikohteet / muut		
	Työnturvallisuussuunnitelma (TTS)	
Laatinut	Aapo Lahtinen	
Tarkastanut	_____	



Kuva 1. Normaalisti kovettuvan betonin suhteellinen puristuslujuus kypsyysikä funktiona.



Kuva 2. Nopeasti kovettuvan betonin suhteellinen puristuslujuus kypsyysikä funktiona.