

Henri Holmstén

# Pasilan aseman porapaalutustyön jälkilaskenta- raportti

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

2.2.2022

Tekijä Otsikko	Henri Holmstén Pasilan aseman porapaalutustyön jälkilaskentaraportti
Sivumäärä Aika	31 sivua 2.2.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Infrarakentaminen
Ohjaajat	Timo Riikonen, lehtori Mikko Suikki, kehitysjohtaja
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä jälkilaskelma Pasilan aseman porapaalutuksesta. Tavoitteena oli tuottaa jälkilaskentaraportti ottaen huomioon paalutustyön eri osa-alueet. Työn tarkoituksena oli myös tuoda esille erilaisia porapaalutekniikoita.</p> <p>Pasilan asema oli kohteena haastava. Työssä käsiteltiin myös ratatyön ja ahtaan tilan aiheuttamia ongelmia sekä esitettiin niihin ratkaisuja. Työ toteutettiin yhteistyössä YIT:n kanssa, jossa työn laatija on ollut työsuhteessa opinnäytetyötä tehdessä.</p> <p>Työ toteutettiin käyttäen hyväksi ammattikirjallisuutta sekä haastatteleamalla työnjohtajaa, työpäällikköä ja työmaainsinööriä.</p>	
Avainsanat	porapaalutus, jälkilaskenta

Author Title	Henri Holmstén Post-calculation report of boring piles at Pasila station
Number of Pages Date	31 pages 2 February 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Degree Programme on Construction Site Management
Professional Major	Bachelor of Engineering
Instructors	Timo Riikonen, Lecturer Mikko Suikki, Development Manger
<p>The purpose of this thesis was to make a post-calculation of the boring pilies of Pasila station. The aim was to produce a post-calculation report, taking into account the different aspects of the boring pile work. The purpose of the work was also to highlight different boring pile techniques.</p> <p>As a sight, Pasila station was challenging, and the work also deals with the problems caused by track work and cramped space as well as presents solutions. The work has been carried out in co - operation with YIT, where the author of this work has been employed while writing this thesis.</p> <p>The work has been carried out using professional literature and by interviewing the site foreman, construction manager and site engineer.</p>	
Keywords	boring piles, post-calculation

# Sisällys

## Sanasto

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön taustaa ja tarkoitus	1
1.2	Opinnäytetyön tavoite	1
1.3	Opinnäytetyön rajaus	1
2	Kustannuslaskenta	2
2.1	Yleistä	2
2.2	Kustannusarviolaskenta	3
2.3	Toteutuneiden kustannusten jälkilaskenta ja jälkilaskennan periaate	5
2.4	Jälkilaskentatiedon käyttö	5
3	Paalutyypit ja niiden käyttökohteet	5
3.1	Paalutus yleisesti	6
3.1.1	Teräsbetonipaalut	7
3.1.2	Teräsputkipaalut	8
3.1.3	Maata syrjäyttävät paalut	10
3.1.4	Maata syrjäyttämättömät paalut	10
4	Työn suunnittelu rakentamisvaiheessa: Case Tripla – Pasilan asema	11
4.1	Tripla	11
4.2	Pasilan asema osana Triplaa	12
4.2.1	Keski- ja eteläosa	15
4.2.2	Länsiosa	15
4.3	Kohteen erityispiirteet	16
4.3.1	Mitoitusikä	16
4.3.2	Pilaantuneet maat	17
4.3.3	Rata-alue	18
4.3.4	Tilojen ahtaus	18
4.3.5	Aggressiiviset pohjaolosuhteet	18
4.3.6	Viikonloppu- ja yötyöt	19
4.3.7	Paalutuskoneet	19
4.4	Työnsuunnittelu	21
5	Jälkilaskenta	21

5.1	Yleistä	21
5.2	Jälkilaskentamenetelmät	22
5.3	Jälkilaskelman kokoaminen	22
5.4	Urakoitsijasta riippumattomat kustannukset	23
6	Kustannusvertailu	23
6.1	Kustannusten jakautuminen	23
6.1.1	Materiaalikustannukset	23
6.1.2	Työkustannukset	25
6.2	Johtopäätökset	27
6.3	Pohdinta	28
	Lähteet	29

## Sanasto

Kaivinpaalu	Kaivinpaalu tehdään kallionpintaan tai määräsivyyteen upotettavan työputken avulla. Maasta tyhjennetty työputki raudoitetaan ja valetaan täyteen betonia, jonka jälkeen työputki nostetaan pois maasta. Betoni täyttää putken noston jättämän tyhjän tilan ja muodostaa yhdessä raudoitteen kanssa paalun. (Skanska)
Littera	Kustannuspaikka
Manttelointi	Mantteloinnilla tarkoitetaan vanhan rakenteen vahvistamista lisäämällä rakenteen paksuutta samalla liittäen ne uudeksi, yhtenäisenä toimivaksi rakenteeksi.
Paalu	Maahan lyömällä tai poraamalla asennettava putki tai suorakulmainen särmio, jolla siirretään kuorma kantavaan maaperään tai kallioon.
Paaluelementti	Paalun yhdellä kertaa porattava tai lyötävä osa.
Pima	Pilaantunut maa-aines
Porapaalu	Poraamalla maahan ja kallioon asennettava teräsputkipaalu.
Rata-alue	Raide alue, esimerkiksi juna-asema.
RD-paalu / RD-porapaalu	SSAB:n teräsputkipaalu, joka asennetaan poraamalla maaperään. Paalulla on mahdollista läpäistä kaikki luonnolliset maakerrokset sekä kallio.
Turo	Radanpidon turvallisuusohjeet. Liikenneviraston julkaisema ja hallinnoima velvoittava ohjeistus rata-alueella työskentelyyn

Yleiskustannuslisä	Yleiskustannuslisä sisältää työnjohdon, sosiaalityöt, hankinnat, keskus- konttorin aiheuttamat kulut.
--------------------	--

# 1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään rakennusyhtiö YIT Rakennus osakeyhtiön infrapalvelut -segmenttiin kuuluvan pohja- ja vesirakentaminen -yksikön tilauksesta. Yksikkö tekee valtakunnan laajuisesti vaativia maa- ja vesirakennustöitä, kuten ruoppauksia, pohjanvahvistuksia kattaen porapaalut ja tukiseinät sekä suihkupaalutuksia.

## 1.1 Opinnäytetyön taustaa ja tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoitus on tuottaa tilaajalleen jälkilaskentaraaportti. Työllä pyritään säilömään tietoa erikoiskohteessa suoritetusta työstä ja sen vaikutuksista kustannuksiin. Työ toteutetaan case-pohjaisena, jossa tutkitaan Helsingin Pasilaan rakentuvan Tripla-kokonaisuuden osana toteutettavaa Pasilan asemaa.

## 1.2 Opinnäytetyön tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa laskelma yksittäisestä työvaiheesta, joka toteutettiin erikoisolosuhteissa. Taulukosta ilmenee työhön käytetty aika ja siitä laskettu tehokkuus sekä työn kustannukset.

## 1.3 Opinnäytetyön rajaus

Opinnäytetyö keskittyy kohteen perustusten vahvistukseen porapaaluilla. Opinnäytetyössä seurataan paalutustöiden kustannuksia ja erikoisolosuhteiden vaikutusta kustannuksiin. Työssä sivutaan ratarakentamista ja sen erikoisvaikutuksia sekä -vaatimuksia työn suoritukseen ja tehokkuuteen. Työssä sivutaan myös pilaantuneiden maiden vaikutusta työn tekemiseen.



## 2 Kustannuslaskenta

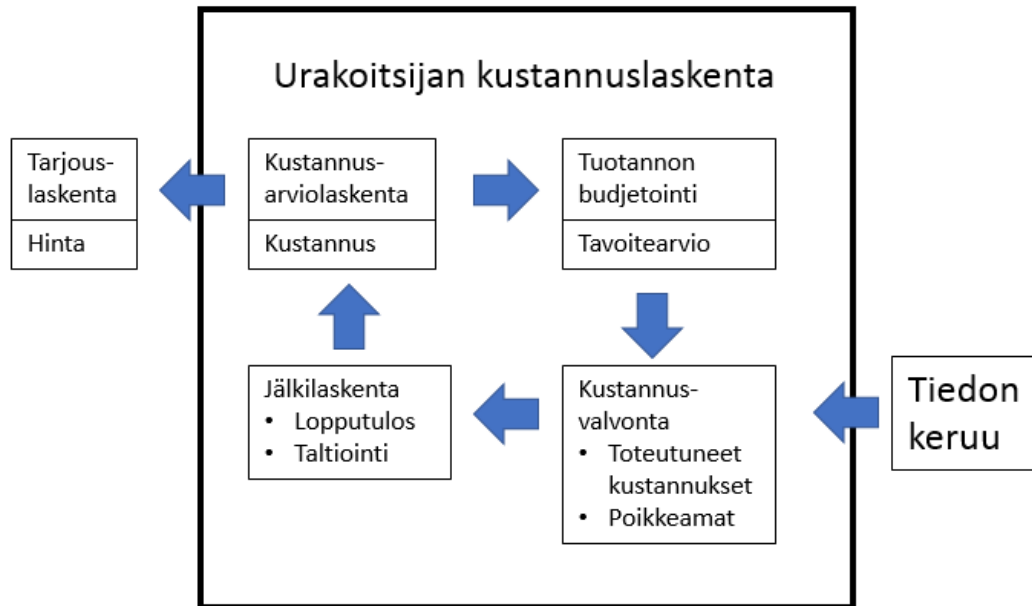
### 2.1 Yleistä

Kustannuslaskenta toimii tukitoimintona kaikissa rakennushankkeen vaiheissa. Kustannuslaskennalla selvitetään rakennushankkeen kustannukset tarjouspyyntöasiakirjojen pohjalta ja näiden kustannuslaskelmaa käytetään perusteena tehtäessä tarjousta. Kustannuslaskentaa tehdään myös hankkeen aikana esimerkiksi lisä- ja muutostyötarjosten pohjaksi. (RT-306 s.8.)

Tarjousvaiheessa tehtävä kustannuslaskenta alkaa kyseisen hankkeen kustannusrakenteen kannalta oleellisten töiden sekä materiaalien selvittämisellä. Näistä tehdään ennakokyselyt töiden osalta urakoitsijoilta ja materiaalien suhteen tavarantoimittajilta. Kyselyjen perusteella saadaan hankkeen merkittävimmät kustannukset selville. Ennakokyselyjen liikkeelle saaminen onkin tarjousvaiheen kustannuslaskennan tärkeimpiä tehtäviä: Tarjosten jättämiseen varattu aika on rajattu ja hankkeen laskennan onnistuminen määräytyy pääasiassa kustannuksiltaan merkittävimpien töiden ja materiaalien löytämisellä sekä oikealla hinnoittelulla. (RT-306 s.8.)

Hankkeen aikana suoritettava kustannuslaskenta keskittyy yleensä lisä- ja muutostöiden laskentaan. Rakentamisen aikaisessa kustannuslaskennassa lähtötiedot, kuten olosuhteet, käytettävä materiaali ja todennäköiset haasteet, ja työn tekijät ovat yleensä selvillä, jolloin saadaan hyvinkin tarkka tulos muodostuvista kustannuksista. (RT-306 s.8.)

Tässä työssä jälkilaskenta keskittyy poikkeuksellisesti vain yhteen työvaiheeseen, pora- ja paalutukseen. Työssä suoritettujen jälkilaskennan tarkoituksena ei ole saada ajankohtaista hintatietoa ja vertailukohtaa kustannuslaskelmaan, vaan halutaan selvittää poikkeuksellisten työolojen ja työaikojen vaikutus työn kokonaiskustannukseen ja tehoon. (RT-306 s.8.)



Kuva 1 Urakoitsijan kustannuslaskenta (Lindholm 2009, s.21.) (Kuvio Rekonstruoitu.)

Jälkilaskennan tarkoituksena on selvittää maarakennustöiden kokonaistulos ts. toteutuneiden kustannusten ja määrien poikkeamat kustannusarvioon verrattuna. Jälkilaskennassa tietoaineisto taltioidaan viitekohdetietona tai yrityskohtaiseen standardistoon. Lisäksi jälkilaskennassa tarkistetaan kustannusarviojärjestelmää. Jälkilaskennan puutteet löytyvät puutteellisesta tietojen taltioinnista toteutuksen aikana ja sen jälkeen. Tällöin jälkilaskennassa pystytään vain kustannuspoikkeamien havainnointiin. Sen sijaan määrien poikkeamia ja niiden syitä ei voida selvittää. Jälkilaskentaa kehitettäessä on merkittävien kustannuspoikkeamien syyt selvitettävä laskemalla todelliset määrät ja vertaamalla niitä teoreettisiin. Tällöin ovat suunnitelma-asiakirjat ja toteutuksen aikana kerätyt tiedot välttämättömiä. (RT-306 s.8 10.4.2018.)

## 2.2 Kustannusarviolaskenta

Kustannusarviolaskenta on suunnitelmien pohjalta tehtävää laskentaa, jossa määrien, hintojen avulla selvitetään kohteen rakennuskustannukset. Lähtötietona ovat tilaajan lähettämät tarjouspyyntöasiakirjat, joita ovat muun muassa tarjouspyyntökirje, urakkaohjelma, urakkaliite sekä tekniset asiakirjat. (Lindholm 2009, s. 21.)

Onnistuneen kustannusarviolaskennan edellytyksenä on, että tarjouspyyntöasiakirjat ovat selkeät, yksiselitteiset ja ne toimitetaan kaikille urakkakilpailuun osallistuville samanaikaisesti ja samansisältöisinä. Mahdollisista laskennan aikana tapahtuvista muutoksista, lisäyksistä tai tarjousajan pidentämisestä ilmoitetaan kaikille osapuolille. (Lindholm 2009, s. 21.)

Urakka-asiakirjat jaotellaan yleisiin asiakirjoihin ja hankekohtaisiin asiakirjoihin. Yleisiä asiakirjoja hyödynnetään viittaamalla hankekohtaisiin asiakirjoihin tai niiden osaan. Hankekohtaiset asiakirjat määritellään kullekin hankkeelle erikseen. Näiden lisäksi on olemassa voimassa olevia ohjeita, määräyksiä ja alakohtaisia tapoja, joita tulee noudattaa, vaikka niihin ei asiakirjoissa erikseen viitata. (Lindholm 2009, s. 21.)

Kustannuslaskennan perusteella tarjouspyynnön saaja täyttää yksikköhintaluettelon ja tarjouslomakkeen. Asiakirjat toimitetaan tarjouspyynnön jättäjälle määräaikaan mennessä annettujen ohjeiden mukaisesti. Laskentaan osallistuu normaalisti useampi yrityksen taho mukaan lukien johto. (Lindholm 2009, s. 21.)

<b>RAKENNUSOSIEN OHJEELLISIA YKSIKKÖKUSTANNUKSIA</b>						
Indeksikorotus 102,6 → 114,9 joulukuu 2005 → 122,6 helmikuu 2011						
Talo 80 nro	MIRO nro	Nimike		Hinta ilman ALV:ta €/yks	Hinta, sis. ALV. €/yks	Mittausperuste
		<b>RAKENNUTTAJAN KUSTANNUKSET</b>				
	2	<b>HANKKEEN RAHOITUSKULUT</b> Hankkeen rahoituskulut käsittävät rahoituksesta aiheutuvat lainoien järjestelykulut kuten leimaverot ja toimituskulut.	erä			
	3	<b>SUUNNITTELU JA NEUVONTA</b> Rakentamisosa käsittää suunnittelupalkkiot ja asiantuntijalausunnat sekä matka- ja kopiokulut	erä			Sisältää pääsuunnittelijan / arkkitehti-, rakenne- ja LVI-suunnittelun.
	5	<b>RAKENNUTTAMINEN JA VALVONTA</b> Rakentamisosa käsittää hankkeen rakennuttamisen ja valvonnan aiheuttamat kulut kuten rakennuslupamaksut ja valvojan palkkion.	erä			
1A		<b>TONTIN MAA- JA POHJARAKENNUS</b>				
	11	<b>RAIVAUS</b>				
	110010	Raivaus ja kasvillisuuden suojaus vahvan puuta	m <sup>2</sup>	0,47	0,50	
	110011	Raivaus ja kasvillisuuden suojaus runsas puusto	m <sup>2</sup>	0,98	1,01	
	12	<b>TONTIN MAANKAIVU (normaali pohjamaa)</b>				
	120010	Pintamaan poisto 0,2 m	m <sup>2</sup>	2,17	2,48	
	120020	Alueen maankaisu (pintamaan poisto, alkuperäistä maastoa muuttellessa vahvan)	m <sup>2</sup>	2,89	3,47	

Kuva 2 Esimerkki kustannuslaskelmasta, tehty Talo 80 mukaisesti. (Maatilarakennusten rakennuskustannukset.)

### 2.3 Toteutuneiden kustannusten jälkilaskenta ja jälkilaskennan periaate

Toteutuneiden kustannusten jälkilaskennalla tarkastetaan kohteen ja sen osioiden taloudellinen onnistuminen, määrät ja hinnat. Jälkilaskennan perusteella voidaan tarpeen mukaan päivittää yrityksen kustannustietoja palvelemaan kustannusarvio- ja tarjouslaskentaa tulevissa kohteissa. (Lindholm 2009, s. 45.)

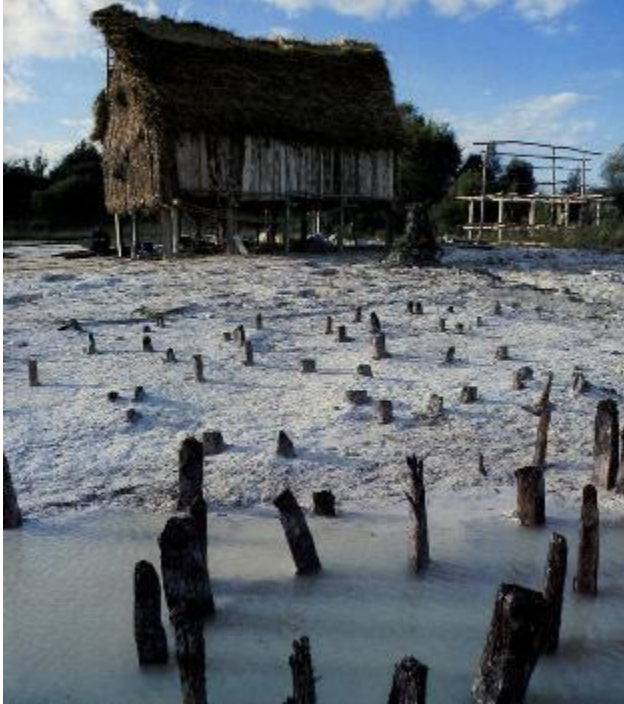
Jälkilaskennalla saaduilla tiedoilla valvotaan, kuinka tarkasti kustannuslaskenta kuvasi toteutuneita kustannuksia. Yhdistelemällä usean hankkeen jälkilaskentatietoa voidaan havaita eri kustannusten taso- ja tarkkuuseroja työ- ja hankintatehtävittäin. Saatuja tietoja käytetään myös hankkeen lopullisen tuloksen selvittämiseen sekä viitteenä uusien kohteiden kustannuslaskennassa ja tuotantosuunnittelussa. (Lindholm 2009, s. 45.)

### 2.4 Jälkilaskentatiedon käyttö

Jälkilaskennasta saatavilla tiedoilla on mahdollista kohdistaa yrityksen jälkilaskentajärjestelmän ylläpidon toimenpiteet niihin alueisiin, joissa on kustannuseroja tavoitteen ja toteutuman välillä. Laskennan avulla on mahdollista löytää kustannuseroihin vaikuttavia tekijöiden seurauksia, mutta ei syitä. Näin ollen toteutuneet kustannukset eivät välttämättä ole oletusarvoisesti hyvä, järkeviä tai päivän hintatasoa kuvaavia. Niiden luotettavuudesta otetaan selvää jälkilaskennassa ja siksi yrityksen tietokannan tietoja ei tulisi suoraan muuttaa jälkilaskennan tuottaman tiedon perusteella. (Lindholm 2009, s. 45.)

## 3 Paalutyypit ja niiden käyttökohteet

Paaluperustaminen on tuhansia vuosia vanha tapa perustaa rakennuksia. Ensimmäiset paaluperustuksille rakennetut rakennukset on ajoitettu jopa 5000 vuotta ennen ajanlaskun alkua Keski-Euroopan alueelle. (Unesco.)



**Kuva 3 Esihistoriallisia puupaaluja ja rekonstruoitu esihistoriallinen maja Lac De Chalainissa Ranskassa ajalta ennen ajanlaskun alkua. (Unesco b.)**

Perustusten tarkoitus on siirtää rakennuksen massasta ja siihen kohdistuvista voimista aiheutuvat kuormat kantavaan maaperään. Monissa paikoissa kantava maaperä kuitenkin löytyy vasta useamman metrin syvyydestä. Tällöin on usein kustannustehokkaampaa ja vähätöisempää siirtää kuormat hoikempien rakenteiden varassa kantavaan maaperään. Tähän tarkoitukseen kehitettiin paalut. Ensimmäiset paalut olivat karsittuja puita. Nykyään puiset paalut on suurelta osin syrjäyttänyt teräs- ja teräsbetoniset paalut pidemmän käyttöiän ja paremman olosuhteiden keston ansiosta. (Unesco.)

### 3.1 Paalutus yleisesti

Paalutusta käytetään rakennusten perustamiseen, mikäli rakennuksen perustaminen kalliin- tai maanvaraisesti ei ole mahdollista tai kustannustehokasta halutun kantavuuden saavuttamiseksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

Perustuksia suunniteltaessa tehdään aina pohjatutkimuksia, joiden tuloksia käyttäen laaditaan perustamistapalausunto. Pohjatutkimustulosten ja perustamistapalausunnon perusteella pohjarakennesuunnittelija valitsee rakennuksen kannalta parhaan perustamistavan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

Paaluperustus valitaan, mikäli pohjatutkimusten perusteella todetaan kallion tai kantavan maakerroksen olevan liian syvällä, jotta sitä voitaisiin kustannustehokkaasti hyödyntää ulottamalla perustukset siihen massanvaihdolla. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

Paaluperustukset jaetaan kahteen pääluokkaan, maata syrjäyttämättömiin ja maata syrjäyttäviin paaluihin eurooppalaisten toteutusstandardien SFS-EN 12699 ja SFS-EN 14199 mukaisesti. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

### 3.1.1 Teräsbetonipaalut

Teräsbetonipaalut eli TB-paalut ovat yleisin rakentamisessa käytetty paalutyyppi. Niiden etuina on hyvä saatavuus, kilpailukykyinen hinta ja kestävyys. TB-paalut toimivat parhaiten pehmeämmillä maalajeilla, kuten savessa. Niiden yleisimmät koot ovat 250 x 250 mm, 300 x 300 mm sekä 350 x 350 mm. Paalut ovat momenttijäykästi jatkettavia ja ne voidaan varustaa tarvittaessa maa- tai kalliokärjellä. (Betoni.com.)

TB-paalujen huonona puolena voi pitää sitä, että paalut täytyy tilata hyvin mittatarkkoina, sillä ylijäämää ei voi käyttää uudestaan hyväksi ja alimittaisten paalujen jatkaminen aiheuttaa ylimääräistä työtä. TB-paalujen käyttö edellyttää siis onnistuneita pohjatutkimuksia. (Betoni.com.)



**Kuva 4 Teräsbetonipaalutusta Pasilassa. (Kuva: Henri Holmstén, Pasila 2.10.2018.)**

Teräsbetonipaalut asennetaan lyömällä käyttäen pudotusjärkälettä, jonka paino ja pudotuskorkeus määritellään kohdekohtaisesti geosuunnittelijan toimesta pohjaolosuhteiden perusteella. (Betoni.com.)

### 3.1.2 Teräsputkipaalut

Teräsputkipaalut ovat teräksestä valmistettuja paaluja, joita on olemassa lyötäviä RR-paaluja ja porattavia RD-paaluja. Paalut jaetaan pien- ja suurpaaluihin. Paaluista on saatavilla muutamissa erilaisissa teräslajeissa, jotka lisäävät paalun kantavuutta. Paaluja on saatavana myös eri seinämävahvuuksilla, joka vaikuttaa paalun jäykkyyteen sekä kantavuuteen. Suurempaa seinämävahvuutta voidaan käyttää myös antamaan paalulle riittävä korroosiovara paalun teknisen käyttöiän ajaksi. (SSAB 2019.)

Pienpaalut kattavat halkaisijat välillä 80–320 mm. Suurpaalujen paalukoot vaihtelevat 400 – 1 200 mm välillä. (SSAB 2019.)

Lyötävät RR-suurpaalut (RR400–RR1200.) ovat teräsputkipaaluja. Ne muodostuvat kierresaumahitsatusta teräsputkesta ja valinnaisesta paalukärjestä. RR-paalujen suurimpia

etuja on erinomainen kuormankantokyky, paalun muodosta johtuva jäykkyys ja taivutuskestävyys sekä teräksen lujuuden tuoma asennuskestävyys. (SSAB 2019.)



**Kuva 5.) Kuvassa vasemmalla RR-paalu kalliokärjellä, kuvassa oikealla kärjetön teräsputkipaalu (SSAB 2019.)**

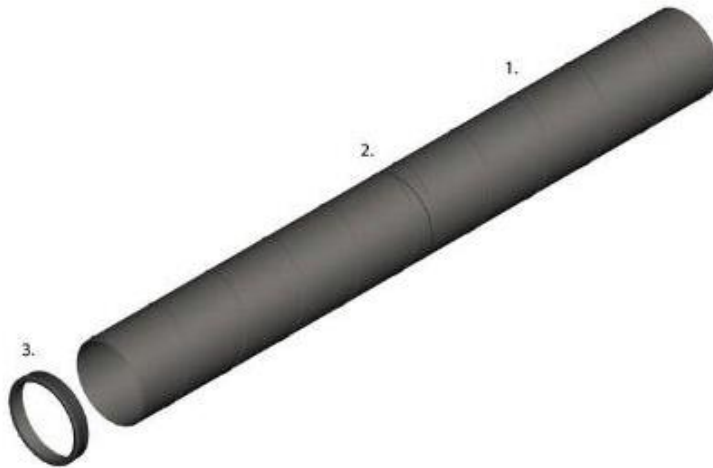
Porattavat RD-suurpaalut (RD400–RD1200.) ovat poraamalla asennettavia erikoispaaluja. Niitä käytetään erityisesti vaikeissa pohja- ja ympäristöolosuhteissa.

Paalut muodostuvat pituushitsatuista tai kierresaumahitsatuista teräsputkista. Ne voidaan porata luonnollisten maakerrosten läpi aina peruskallioon asti. Niiden sijainti- ja kaltevuuspoikkeamat ovat erittäin pieniä. Paaluja voidaan myös jatkaa hitsaamalla. (SSAB 2019.)

RD400–RD1200-paalut muodostuvat kierresaumahitsatuista putkista. Paalun rakenne koostuu seuraavista osista (Kuva 6.):

1. kierresaumahitsattu putkipaalu
2. Hitsattu jatkos
3. Maakenkä/avarrinkruunu





Kuva 6 RD400-D120 suurpaalun rakenne (SSAB 2019.)

### 3.1.3 Maata syrjäyttävät paalut

Maata syrjäyttävillä paaluilla tarkoitetaan maahan kaivamatta tai maasta materiaalia poistamatta asennettavia paaluja. Maan kaivamattomuudella tai materiaalien poistamattomuudella ei kuitenkaan tarkoiteta paalutusta varten pintakerroksista paalutuksen onnistumista varten poistettavien isojen kivien kaivamista tai muuta, työtä edistävää kaivamista tai materiaalien poistamista. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

Maata syrjäyttävät paalut asennetaan maahan useimmiten lyömällä tai täyttämällä. Asentamiseen voidaan myös käyttää puristamista, ruuvaamista tai näiden menetelmien yhdistelmällä. Esimerkkejä näistä paaluista ovat teräksiset ja teräsbetonisetyöntipaalut sekä pientalokohteissa käyttökelpoiset ruuvipaalut. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

### 3.1.4 Maata syrjäyttämättömät paalut

Maata syrjäyttämätön paalu, eli kaivettava paalu, asennetaan maahan poraamalla tai kaivamalla maahan kaivanto, joka täytetään raudoitettulla tai raudoittamattomalla betonilla. Asentamisessa voidaan hyödyntää suojaputkea. Pasilan aseman perustuksissa käytetty porapaalu luokitellaan maata syrjäyttämättömäksi paaluksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

#### 3.1.4.1.1 Porapaalut

Pasilan asema perustukset vahvistettiin käyttäen porapaaluja. Porapaalujen käyttöön valikoitui ainoaksi varteen otettavaksi vaihtoehdoksi, koska tila oli rajoitettu niin sivu kuin pystysuunnassa ja tarvittavat kantavuudet vaativat suurten paalujen käyttöä. Porapaalujen käytöllä vältettiin vanhojen perustusten ja maanvaraisten raiteiden vahingoittaminen tärinällä.

Pasilan asemalla paalukokona toimii 406 millimetriä ulkohalkaisijaltaan oleva teräspaalu, jonka vaipan halkaisija oli pääasiassa 12,5 millimetriä. Teräslaatuina käytettiin S440J2H sekä S355J2h -laatuja. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2016, s.17.)

## 4 Työn suunnittelu rakentamisvaiheessa: Case Tripla – Pasilan asema

### 4.1 Tripla

Tripla on ensimmäinen osa Helsingin kaupungin Keski-Pasilan kehittämishanketta, jossa alueelle tuodaan ja yhdistetään asuminen, työssäkäynti ja vapaa-aika. Keskeinen tavoite Keski-Pasilan rakentamisessa on yhdistää Itä- ja Länsi-Pasila. Keski-Pasila on jaettu kolmeen suunnittelualueeseen: Keski-Pasilan Keskustakorttelit, Keski-Pasilan Ratapihakorttelit ja Keski-Pasilan Tornialue. Ensimmäisestä alueesta, keskustakorttelista, järjestettiin suunnittelukilpailu, jonka YIT Rakennus Oy voitti Tripla -hankkeellaan. (Uusipasila.)

Tripla on kolmen korttelin alueelle rakentuva kokonaisuus, johon kuuluu kauppakeskus, joukkoliikenneasema, pysäköintilaitos, hotelli, asuntoja sekä toimistoja. Osana hanketta rakennetaan myös lisäraide Pasilan aseman kohdalle niin sanotun rantaradan puolelle. Rakentaminen aloitettiin vuonna 2015 ja ensimmäisenä osana valmistuu Mall of Tripla syksyllä 2019. (Uusipasila.)



**Kuva 7 Havainnekuva Triplasta kuvattuna etelästä. Kuvasta erottaa selkeästi Triplan muodostava kolme korttelia. (Sweco.)**

#### 4.2 Pasilan asema osana Triplaa

Osana Triplan kokonaisuutta vanha Pasilan asema (kuva 6.) puretaan raiteiden päällä olevaan kanteen asti ja rakennetaan uudestaan osana Mall of Tripla -kauppakeskusta. Aseman itä- ja länsipäähän rakennetaan kolmetoistakerroksiset toimistotornit. (Uusipasila.)



Kuva 8 Vanha Pasilan asema etelästä kuvattuna. (Vr.)

Vanha vuonna 1990 rakennuttu asemarakennuksen kansi on perustettu kaivinpaalujen päälle asennettujen pilareiden varaan. Tämän kannen päälle varsinainen asema on rakennettu. Uutta asemaa varten kaivinpaaluperustukset vahvistetaan kallioon porattavilla betonoitavilla ja raudoitettavilla porapaaluilla. Vanhat pilarit mantteloidaan eli vahvistetaan lisäämällä vanhan pilarin paksuutta kantamaan uudet asemarakennuksen korotuksesta aiheutuvat kuormat. Myös vanha säilytettävä aseman kansi perus parannetaan ja vahvistetaan muun muassa lisäämällä kannen alla kulkevia palkkeja. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)



Kuva 9 Havainnekuva uudesta Pasilan asemasta pohjoisesta kuvattuna osana Mall of Tripla -kaupakeskusta. (YIT Twitter.)

Pasilan aseman uudelleenrakennus aloitettiin aseman vanhojen perustusten vahvistuksella. Perustusten vahvistamisen mahdollistamiseksi aseman itä- ja länsipäissä tehtiin ensin mittavia purkutöitä. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)

Pasilan aseman alueelta on tehty porakone-, täry- puristinheijari- ja painokairauksia. Suurin osa pohjatutkimuksista on tehty nykyisen asemarakennuksen suunnitteluvaiheessa 1980-luvulla. Asemalla on tehty myös lisäpohjatutkimuksia hanketta varten yleissuunnitteluvaiheessa, pääpainona kalliopinnan sijainnin selvittäminen.

Junaraiteitten alueella maanpinta on noin tasolla +23, laitureitten taso on noin +24. Rakennuksen eteläpuolisen saattoliikennealueen sekä eteläpuolella kulkevan Pasilan sillan tien maanpinta on noin tasolla +21.0...+22.0. Rakennuksen itälaidalla lattiataso on noin tasolla +15. Kallionpinta on alueella noin tasolla -9...+22, laskien pohjoista ja itää kohden. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-10.)

#### Pohjoisosa

Aseman pohjoisosassa on keskimäärin maanpinnasta havaittu noin 5...13 m paksu täyttökerros. Täyttökerros sisältää paikoin kiviä ja lohkareita sekä saattaa sisältää rakenteita ja rakennusjätettä. Täytössä on myös havaittu pilaantuneita maita. Täyttökerroksen alapuolella on havaittu noin 2...8 m paksu savikerros. Savikerroksen paksuus kasvaa länteen päin. Savikerroksen alapinta on noin tasolla +5...+13. Savikerros muodostumien välissä on noin tasolla +9.5 havaittu ohut hiekkakerros alueen länsiosassa. Savikerroksen alapuolella on havaittu noin 1 m paksu siltti-/hiekkakerros, jonka alapuolella on tiivistä moreenia 1...12 m paksuudelta. Kallionpinta on noin tasolla -9...+17, nousten kohti itää. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-10.)

#### Itäosa

Aseman itäosassa on maanpinnasta havaittu noin 1...9 m paksu täyttökerros, täyttökerros sisältää paikoin kiviä ja lohkareita sekä saattaa sisältää rakenteita ja rakennusjätettä. Täyttökerroksen alapuolella on havaittu noin 0...6 m paksu savikerros, savikerros on paksuimmillaan asemarakennuksen pohjoisosan kohdalla. Savikerroksen alapinta on noin tasolla +9...+12, nousten etelää ja pohjoista kohti. Savikerroksen alapuolella on havaittu noin 0...2 m paksu siltti-/hiekkakerros, jonka alapuolella on tiivistä moreenia 0...5 m paksuudelta. Kallionpinta on alueen pohjoisosassa noin tasolla +4, nousten kohti

etelää noin tasolle +22. Kallionpinta on syvimmillään asemarakennuksen pohjoisosan kohdalla, eteläosassa kallionpinta nousee niin että rakennus on perustettu kallionvaraisesti. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-10.)

#### 4.2.1 Keski- ja eteläosa

Aseman keski- ja eteläosassa rakenteet ja saattoliikennealue on pääsääntöisesti perustettu suoraan louhitun kallionvaraan. Eteläreunan itäosassa kallionpinta on noin tasolla +18...+22. Pienellä alueella saattaa olla maata täyttö/savi/moreeni 0...4 m kallion päällä. Eteläreunan länsiosassa kallion pinta tippuu noin tasolle +10...+14 rakennuksen ollessa perustettu suoraan kallionvaraan. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-10.)

#### 4.2.2 Länsiosa

Aseman länsiosassa on maanpinnasta havaittu noin 1...5 m paksu täyttökerros, täyttökerros sisältää paikoin kiviä ja lohkareita sekä saattaa sisältää rakenteita ja rakennusjätettä. Täytössä on myös havaittu pilaantuneita maita. Länsireunan pohjoispään täyttökerroksen alapuolella on vaihtelevan paksuinen kerros turvetta. Pima-tutkimuksia varten alueelle tehtyjen koekuoppien perusteella on turvekerroksen paksuus noin 0...1 m. Täyttökerroksen alapuolella on havaittu noin 0...7 m paksu savikerros, savikerros on paksuimmillaan itäreunan pohjoisosassa. Savikerroksen alapinta on noin tasolla +4...+10, nousten etelää kohti. Savikerrosmuodostumien välissä on noin tasolla +9.5 havaittu ohut hiekkakerros. Savikerroksen alapuolella on havaittu noin 0...3 m paksu siltti-/hiekkakerros, jonka alapuolella on tiivistä moreenia 0...10 m paksuudelta. Kallionpinta on alueen pohjoisosassa noin tasolla +0...-7, nousten kohti etelää tasolle +0...+13. Rakennus on paikoin perustettu suoraan kallionvaraan itäreunan eteläosassa. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-10.)



Kuva 10 Tripla lounaasta kuvattuna. Kuvassa oikealla uusi Pasilan asema. (Tripla - kuvia medialle.)

### 4.3 Kohteen erityispiirteet

Oheisessa kappaleessa käydään läpi Triplan porapaalutukseen liittyviä erityispiirteitä. Kappaleessa käsiteltujen aiheiden osalta Triplan porapaalutustyö poikkesi normaalista paalutustyöstä. Näitä ovat muun muassa ahtaat tilat, pilaantunut maa sekä aggressiiviset pohjaolosuhteet.

#### 4.3.1 Mitoitusikä

Mitoitusikää ei määrätä tarkasti Suomen rakennusmääräyskokoelmassa, mutta eurokoodin osa SFS-EN-1990 – rakenteiden suunnitteluperusteet antaa merkittävässä arvoraennuksissa suunnitelluksi käyttöikäksi vähintään 100 vuotta, jonka mukaan Pasilan asema on myös suunniteltu. (Eurokoodit SFS.)

Eurokoodien rakenteiden suunnitteluperusteet osassa SFS-EN 1990, jonka mukaan tavanomaisissa rakennuksissa voidaan rakenteen suunniteltuna käyttöikäksi pitää vähintään 50 vuotta ja merkittävässä arvoraennuksissa vähintään 100 vuotta. (Eurokoodit SFS.)

Töölön metrovarauksen takia hankkeelle on Helsingin kaupungin puolelta asetettu poikkeuksellinen 200 vuoden mitoitusikävaatimus perusrakenteille. Tämä yhdistettynä suuriin kuormiin ja aggressiivisiin pohjaolosuhteisiin aiheuttaa rakenteiden suunnittelussa merkittäviä lisävaatimuksia. (RIA 2/2016.)

Teräspaaluja käytettäessä on aina huomioitava teräksen korroosio. Korroosion määrän arvioiminen perustuu rakennuksen mitoitusikään ja mitoitusiän aikana maaperässä tapahtuvaan korroosion määrään. Pasilan aseman alla sijaitsee paikoin alueita, jotka lisäävät korroosiota. Näillä sulfaattisavialueella korroosiovarana on käytetty 7mm/100v ja muualla 4mm/100v. Paalujen puristuskestävyydet ovat  $N_{ed} = 13000$  kN (RD700/14,2.) ja  $N_{ed} = 5000$  kN (RD400/12,5 (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.3.)

#### 4.3.2 Pilaantuneet maat

Koko Keski-Pasilan alue on vanhaa ratapiha-aluetta ja maaperä on osittain pilaantunut. Pilaantuneet maat keskittyvät vanhan Pasilan aseman länsipuolelle, joka on ollut osa Keski-Pasilaan sijoittunutta Ratapiha- ja konepaja-aluetta. Vanhan aseman ja raiteiden 8 ja 9 alla on todettu kreosootin kohonneita pitoisuuksia. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, 2016 s.2-7.)

Vanhoista puisista ratapölkyistä on liennut kyllästysaineena käytettyä kreosoottia, joka hengitettynä aiheuttaa pahoinvointia ja oksentelua. Sen on myös todettu aiheuttavan syöpää pitkässä altistuksessa. Kreosootin Ihokosketuksesta voi aiheutua voimakkaasti punoittavaa ihottumaa. Kreosootilta suojaudutaan käyttämällä tarvittaessa moottoroitua hengityssuojainta sekä tyvek -suoja-asua. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)

Kreosootin tyypillistä käyttäytymistä on, että se vajoaa läpäisevien maakerrosten ja pohjaveden alapuolelle kovaan maaperään, jonne se alkaa kerrostumaan. Porapaalutuksessa paalu porataan tämän kerroksen läpi, jolloin kreosootti nousee porasoijan mukana takaisin maan pinnalle työntekijöiden haitaksi. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)



### 4.3.3 Rata-alue

Työskentelyalue luokitellaan rata-alueeseen kuuluvaksi, jolloin jokaiselta työmaalla työskentelevältä edellytetään liikenneviraston järjestämää rataturvakoulutusta. Koulutus oikeuttaa työskentelemään rata-alueen tietyin rajoituksin. Osa töistä vaatii myös turvamiehen käyttöä tai raiteilla tapahtuvaa liikennekatkoa. (Raturva.)

Pasilan aseman paalutusten osalta noin kuusikymmentä prosenttia paalupisteistä sijoitui rata-alueelle, joka käytännössä tarkoitti liikennekatkon aikana tehtävää yö- tai viikonlopputyötä.

### 4.3.4 Tilojen ahtaus

Kolmantena erityispiirteenä on tilojen ahtaus. Noin neljäkymmentä prosenttia paalupisteistä sijoituivat kellaritiloihin, joissa paalukoneen puomin maksimi korkeus oli alle seitsemän metriä. Toinen neljäkymmentä prosenttia paalupisteistä sijoitui aseman laituri-alueen sillan alle, jossa paalukoneen puomin maksimikorkeus oli alle yhdeksän metriä. Vain noin kaksikymmentä prosenttia paaluista oli niin sanottuja vapaan tilan paaluja, mutta näissäkin paaluissa osassa oli rajoituksia koneen painolle sekä fyysiselle koolle.

### 4.3.5 Aggressiiviset pohjaolosuhteet

Triplan alueella on havaittu sulfaattisavea ylemmissä savikerroksissa. Tämä vaikuttaa perustusten rakentamiseen, sillä sulfaattisavi nopeuttaa korroosiota teräksessä ja voi syövyttää betonia. Sulfidisaven kerrostumia havaittiin Pasilan aseman luoteisnurkassa moduulilinjojen K5...K7 alueella (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)

Sulfaattisaven vaikutukseen varauduttiin kasvattamalla porapaalujen korroosiovaraa seitsemään millimetriin sadassa vuodessa normaalin neljä millimetriä sadassa vuodessa -sijaan. (Sweco Rakennustekniikka Oy 2016, s.2-7.)

Betonissa sulfaattisaven vaikutuksiin varauduttiin käyttämällä sulfate resistant (SR.) -sementtiä, jonka ansiosta betonissa voidaan käyttää alhaisempaa vesi-sementtisuhdetta. Kemiallinen vaurio, kuten esimerkiksi sulfaattisaven aiheuttama vaurio, aiheutuu siitä, että betoniin kulkeutuvat kemialliset rasitteet liuottavat sementin hydrataatiotuotteita tai

huonontavat sementin ominaisuuksia. Tämän kaltaisen reaktion edellytyksenä on, että betoni sisältää vettä. (Finnsementti.)

#### 4.3.6 Viikonloppu- ja yötyöt

Raideliikenteen turvaamiseksi Pasilan asemalla töitä tehtiin suurissa määrin öisin ja viikonloppuisin. Tällöin oli vähemmän liikennettä ja rata-alueita voitiin ottaa työkäyttöön. Käytännössä työn tekeminen vaati raideliikenteen katkaisun työn ajaksi kyseisellä rata-osuudella. Vuonna 2016 tehdyt kellarin porapaalutustyöt eivät vaatineet viikonlopputöitä. Vuonna 2017 tehdyt vapaan tilan porapaalutustyöt jouduttiin tekemään pääsääntöisesti viikonlopputyönä ja yö aikaan.

#### 4.3.7 Paalutuskoneet

Porattava paalu oli suurpaaluksi luokiteltava halkaisijaltaan 400 mm oleva kierresaumahitsattu putki. Porattavan putken suuri koko aiheutti haasteita sopivan paalukoneen löytämisessä. YIT:n omista koneista saatiin varusteltua yksi poravaunu, joka oli tiloihin sopiva. Koneella pystyy poraamaan neljän metrin paaluelementtiä, joka keskimääräisen paalupituuden ollessa 20 metriä tarkoitti viittä hitsausaumaa paalua kohden. YIT:n oma

poravaunu mahtuu tiloihin, joihin saatiin rakenteita purkamalla minimissään 7,5 metriä vapaata tilaa.



Kuva 11 YIT oma poravaunu Hütte HBR 605, työpaino 15 tonnia. Kuvassa käynnissä RD 406 x 12,5 paalun poraus Pasilan aseman länsipuolen kellaritiloissa (Kuva: Henri Holmstén.)



Kuva 12 Aliurakoitsijan Pasilan asemalla käyttämä porapaalutuskone. Kuvassa kone ei ole töissä Pasilan asemalla. (Juvatec)

Toisena koneena käytössä oli aliurakoitsijan itse rakentama paalutuskone. Kone oli rakennettu ahtaita erityiskohteita varten, kuten poraustyöt kaivoksissa.

#### 4.4 Työsuunnittelu

Työsuunnittelussa suurimmat haasteet aiheutuivat tilojen ahtaudesta, muista samanaikaisesti toteutettavista töistä, työskentelystä rata-alueella sekä ennen kaikkea näiden yhdistämisestä. Työajat sijoituivat osittain yöaikaan, joka tuo haasteita työsuunnittelun ja materiaalien tilauksen. Ongelmakohtia tuli olla selvillä jo etukäteen, sillä pienetkin unohtuneet tilaukset saattoivat pahimmillaan estää koko työvuoron työnteon.

## 5 Jälkilaskenta

### 5.1 Yleistä

Hanke jakaantui kahteen erilliseen porapaalutuskertaan. Ensimmäinen suoritettiin kevästä 2016 syksyyn 2016. Toinen porapaalutuskerta suoritettiin keväällä 2017. Paalutustyöt päättyivät kokonaisuudessaan toukokuussa 2017.

Ensimmäinen jälkilaskenta suoritettiin ensimmäisen porauskerran jälkeen syksyn 2016 ja talven 2017 aikana, jotta saatiin tarkempaa lähtötietoa kustannuksia ja aikataulua varten vuoden 2017 porapaalutuksiin.

## 5.2 Jälkilaskentamenetelmät

Ennen jälkilaskennan aloittamista syksyllä 2016 pidettiin kohteen työpäälliköiden kanssa palaveri, mitä sovittiin raamit jälkilaskennalle.

Palaverin perusteella kohteesta kerättiin Excel-taulukoon tiedot, joista ilmenee kustannukset kalustolle, hitsaukselle, hitsauksen koordinoinnille, hitsaussaumojen ultraäänitar- kastuksille sekä miestyötunneille. Myös materiaalikustannukset sekä aputyöt taulukoitiin. Näistä laskettiin työlle metrihinta

Kustannustiedon lisäksi laskettiin tehoa, jolla porausta oli aiemmin suoritettu. Tätä tehoa verrattiin aiempaan tietoon tehosta vapaan tilan paaluille, jolla saatiin iteroitua mahdollisimman paikkansapitävä aikataulu kevään 2017 porapaalutuksille.

Yö- ja viikonlopputyön vaikutuksia työn hintaan pyrittiin myös selvittämään.

## 5.3 Jälkilaskelman kokoaminen

Porapaalutuksen jälkilaskelman kokoaminen on melko yksinkertaista. Jokaisesta paalusta tehdään pöytäkirja, josta ilmenee päivämäärät porauksen aloitukselle ja porauksen lopetukselle sekä paalun pituus. Näistä saadaan laskettua teho metreinä tunnissa.

Kustannukset selviävät YIT Rakennus Oy:llä käytössä olevasta sähköisestä laskunkäsittelyjärjestelmä, jonne kustannukset kirjataan työmaakohtaisella työnumerolla ja työlajikohtaisella litteralla. Näin esimerkiksi porapaalujen materiaalikulut löytyvät omalta litteraltaan ja porapaalujen poraustyöhön liittyvät kulut omalta litteraltaan. Porapaalujen poraustyöhön liittyviä kuluja ovat esimerkiksi poravaunun työvuoro- tai tuntikohtainen veloitus, työntekijöiden palkat ja paalujen käsittelyssä käytettävän apukoneen työtunnit. Mikäli porapaalutusta tehdään urakalla, urakkasopimuksen mukaiset veloitukset kirjataan tälle poraustyön litteralle.

#### 5.4 Urakoitsijasta riippumattomat kustannukset

Urakoitsijasta riippumatta työstä aiheutuu kustannuksia. Tällaisia kustannuksia ovat työ-  
lajeista riippumattomia kustannuksia kuten sosiaalililat, sähkö ja vesi. Näitä kustannuk-  
sia ei ole otettu huomioon tässä kustannuslaskelmassa.

## 6 Kustannusvertailu

Tässä luvussa käydään läpi Pasilan aseman porapaalutuksen kustannusvertailua. Kap-  
paleessa vertaillaan kustannusten jakautumista vuosien 2016 ja 2017 välillä. Vertailussa  
on otettu huomioon työsaavutukset- ja kustannukset. Materiaaliskustannusten vaiku-  
tusta kokonaiskustannuksiin ei tässä laskelmassa ole huomioitu.

Tiedon salassapitovelvollisuuden vuoksi vertailu on tehty yleisellä tasolla käyttäen pro-  
sentteja ja suuntaa antavia lukuja.

### 6.1 Kustannusten jakautuminen

Kustannukset jakoutuivat materiaalikustannuksiin ja työkustannuksiin. Seuraavissa kap-  
paleissa on käyty tarkemmin läpi mitä nämä kustannukset sisältävät sekä kuvattu suun-  
taa antava hintaluokka kustannuksille.

#### 6.1.1 Materiaalikustannukset

Materiaalikustannukset koostuivat paalujen hankintahinnasta sekä paalun päähän hit-  
sattavasta rengasterästä.

Yhden paalun hinta vaihtelee putken koon, seinämän teräspaksuuden ja teräksen maa-  
ilmanmarkkinahinnan mukaan. Pasilan aseman kohteessa käytettiin tyypiltään 406 milli-  
metriä halkaisijaltaan olevia paaluja, joiden seinämäpaksuus vaihteli 10,5 ja 14,5 milli-  
metrin välillä. Kaikkien tämän työn kustannusseurannassa mukana olleiden paalujen sei-  
nämäpaksuus oli 12,5 millimetriä.

## TERÄS(KUUMAVALSSATTU), FUTUURI, USD/T



Kuva 13 Teräksen maailmanmarkkinahinnan kehitys 2017-2019 (Taloussanomati.)

Osa kohteen materiaaleista ostettiin osana aliurakkaa. Tämä nosti materiaalin kustannusta 12 prosenttia. Näin toimittaessa aliurakoitsija vastaa itse paalumateriaalien hankinnasta ja siten myös materiaalin tilaukseen ja toimituksiin liittyvistä riskeistä. Tilaaja kustantaa materiaalin omakustannehintaan lisättynä yleiskustannuslisällä.

Materiaalien hankintakustannukset olivat noin 120 euroa putkimetriltä. Materiaalin hintaa Pasilan asemalla nosti käytettyjen paaluelementtien pituus. Normaalista paalumateriaali myydään 12 metrin koossa, kun Pasilan asemalla käytettiin pääasiassa kolme-, neljä- ja kuusimetrisiä elementtejä. Materiaali tilattiin tehtaalla valmiiksi katkottuna. Putken päät myös viistettiin tehtaalla valmiiksi 30 asteen kulmaan kohtisuorasta. Tämä mahdollistaa putkien jatkohitsauksen laadulla, joka vastaa vähintään tehdasvalmistetun putken kuoromankanto kykyä. Edellä mainittujen syiden takia materiaalikustannus oli hieman normaali suurempi.

Jokaisen paalun päähän hitsataan rengasterä tai avarrin, jonka tarkoitus on porata putki maaperään sekä kallioon. Rengasterä on osa paalun kantavaa rakennetta.



**Kuva 14 Rengasterä hitsattuna porapaaluun (kuva Isomäki Antti, s. 17.).**

Materiaalin kustannusta ei ole huomioitu tämän työn laskennassa.

### 6.1.2 Työkustannukset

Työkustannus koostuu työntekijöiden ja työnjohdon palkoista ja palkanlisistä, poravau-  
nun kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista, porakankien ja pilottien kiinteistä ja muuttu-  
vista kustannuksista, paineilmakompressorista sekä aputöiden aiheuttamista kustannuk-  
sista.

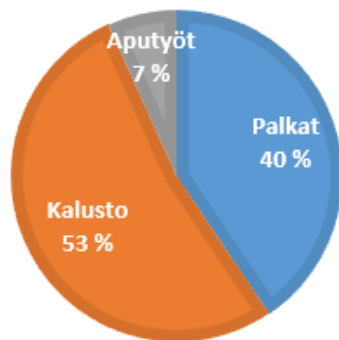


Kohteesta riippuen työkustannuksiin on myös huomioitava tarvittavan sähkön, veden ja sosiaalitulojen aiheuttamat kustannukset. Tässä laskelmassa näitä kustannuksia ei ole otettu huomioon, sillä Pasilan aseman työmaalla nämä oli järjestänyt ja niiden kustannuksista vastasi työn tilaaja.

Taulukko 1 Työkustannusten prosentuaalinen jakautuminen paalutustöissä vuonna 2016 ja 2017

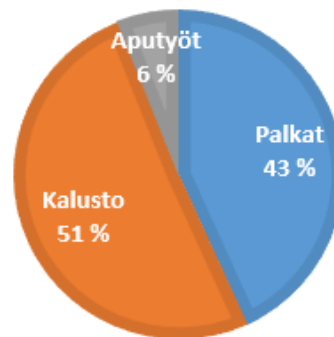
### TYÖKUSTANNUSTEN JAKAUTUMINEN 2016

■ Palkat ■ Kalusto ■ Aputyöt



### TYÖKUSTANNUSTEN JAKAUTUMINEN 2017

■ Palkat ■ Kalusto ■ Aputyöt



#### 6.1.2.1 Palkat

Työntekijöiden palkat ja palkkalisät ovat yksi suuri erä työkustannuksissa. Tässä laskelmassa palkkojen osuus työkustannuksista oli 40 prosenttia vuonna 2016 ja 43 prosenttia vuonna 2017 (Taulukko 1.).

Palkat koostuvat työntekijöiden ja työnjohdon palkoista ja palkanlisistä. Työntekijöiden palkat maksettiin tuntiperusteisesti, kun puolestaan työnjohto työskenteli kuukausipalkalla. Peruspalkan lisäksi työntekijöille maksettiin palkkalisä esimerkiksi yö- ja viikonlopputöistä työehtosopimuksen ja mahdollisen paikallisen sopimuksen mukaisesti. Työnjohdon palkkalisät koostuivat ylitöistä sekä yö- ja viikonlopputöistä maksettavista palkkalisistä. Näiden lisäksi työnjohdolle maksetaan kilometrikorvaukset työhön liitännäisistä ajoista sekä korvaukset mahdollisista materiaalihankinnoista työmaalle.

### 6.1.2.2 Kalusto

Toinen suuri erä työkustannuksista koostui kalustosta. Tässä laskelmassa kaluston osuus työkustannuksista oli 53 prosenttia vuonna 2016 ja 51 prosenttia vuonna 2017 (Taulukko 1.)

Kalustokustannukset koostuivat pääasiassa poravaunun kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista, porakankien ja pilottien kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista sekä paineilmakompressorista. Pasilan aseman työmaalla käytetyt koneet olivat YIT Rakennus Oy:n omistamia koneita. Kiinteät kustannukset koostuivat pääomalyhennyksistä. Muuttuvista kustannuksista suurimmat menoerät olivat polttoaine- ja huoltokulut.

### 6.1.2.3 Aputyöt

Palkka- ja kalustokustannusten lisäksi kustannuksia kertyi aputöistä. Tässä laskelmassa aputöiden osuus työkustannuksista oli 7 prosenttia vuonna 2016 ja 6 prosenttia vuonna 2017 (Taulukko 1.).

Aputöiden kustannukset koostuivat molempina vuosina pääosin apukoneena toimineen kaivinkoneen kustannuksista sekä porapaalujen, polttoaineiden ja muiden työhön liittyvien tavaroiden ja materiaalien siirroista

## 6.2 Johtopäätökset

Opinnäytetyö tehtiin case -pohjaisena YIT Rakennus Oy:n toteuttamassa Tripla -hankkeessa tapahtuneista porapaalutuksista. Työn tarkoituksena oli selvittää porapaalutuksen kustannukset eri vuosina ja selvittää yötyön aiheuttaman kustannustennousun porapaalutuksen metrihintaan. Työssä haluttiin myös selvittää ilta- ja viikonlopputöiden vaikutus kustannuksiin.

Vuosittaisissa kustannuksissa vuonna 2017 havaittiin nousua kustannuksissa. Kustannusten nousu joutui lisääntyneistä yö- ja viikonlopputöistä, joiden työkustannukset ovat päivätyötä korkeammat. Kaluston- ja aputöiden kustannukset ovat yö- ja viikonlopputöissä samalla tasolla kuin päivätyössä. Yö- ja viikonlopputöitä oli vuonna 2017 enemmän kuin vuonna 2016 ja näin ollen kustannusten nousu vuodelle 2017 oli odotettavissa.

Hankkeen suorat kustannukset ovat yrityssalaisuuksien piiriin kuuluvaa tietoa, näin ollen tässä työssä on käytetty prosentteja ja suuntaa antavia arvoja kuvaamaan kustannusten muutoksia.

### 6.3 Pohdinta

Pasilan aseman paalutustyö osoittautuivat haastaviksi. Suurimmat ongelmat olivat tilan ahtaus ja suuri paalukoko. Vuoden 2016 paalutukset myöhästyivät osin edellä mainituista syistä ja siitä johtuen vuoden 2017 paalutukset olivat todella aikataulukriittisiä. Ongelmat saatiin ratkaisuta hyvällä työnsuunnittelulla ja riittävällä resurssoinnilla.

Vastaavissa töissä kannattaa panostaa työsuunniteluun työmaan erikoisolosuhteet huomioiden. Erityisesti aikataulut kannattaa suunnitella tarkkaa, jättäen varaa myös yllätyksille. Myös paalukoneiden suuri koko tulee huomioida työtä suunnitellessa erityisesti käytettäessä suurempia kuin 220 mm porapaaluja.

## Lähteet

Skanska. Luettu 23.9.2019

<https://www.skanska.fi/4983ce/siteassets/palvelut/rakentamispalvelut/maa-ja-pohjara-kentaminen/maa-ja-pohjarakentaminen-kaivinpaalujen-asiantuntija.pdf>

RT-306 Luettu 10.4.2018

SSAB 2019. Luettu 11.10.2019

[https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/infrastruktuuri/tuotteet/steel-piles-large-diameter-piles?accordion=RR-paalu&di=discoverED5BD11E27014C96AE404CA30D87042A&multi=3608B58D9B374A04873C935B21B7D458.\)](https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/infrastruktuuri/tuotteet/steel-piles-large-diameter-piles?accordion=RR-paalu&di=discoverED5BD11E27014C96AE404CA30D87042A&multi=3608B58D9B374A04873C935B21B7D458.))

Lindholm, Mika p. 2009. Kustannuslaskenta rakennushankkeessa. Suomen Rakennusmedia Oy

Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE 1998 RT 16-10660. 1.3.1998. Luettu 9.10.2019

[https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-16-10660-rakennusurakan-yleiset-sopimusehdot-yse-1998/RT\\_6745/dp?qclid=EA1aIQobChMI\\_L\\_C2cKT5QIVzBoYCh0o\\_AfpEAYASAAEgIY-PD\\_BwE](https://www.rakennustietokauppa.fi/rt-16-10660-rakennusurakan-yleiset-sopimusehdot-yse-1998/RT_6745/dp?qclid=EA1aIQobChMI_L_C2cKT5QIVzBoYCh0o_AfpEAYASAAEgIY-PD_BwE)

Maatilarakennusten rakennuskustannukset, kustannusarvio ja rakennusselostus lomake. Maa- ja metsätalousministeriö, maaseutu- ja luonnonvaraosasto. Maanmittaus- ja rakentamisyksikkö 5.4.2006. Luettu 9.10.2019

<http://www.piallysmies.fi/files/Rakennushankkeen%20kustannusarvio%202011.xls>

Betoni.com Luettu 24.1.2022 <https://betoni.com/wp-content/uploads/2018/09/RT-Betonipaalu-Tuotelehti-PO-2016.pdf>

Unesco a. Luettu 24.4.2019

<https://whc.unesco.org/en/list/1363>

Unesco b. Luettu 24.4.2019.

<https://whc.unesco.org/en/list/1363>

RIA 2/2016. Artikkelit "Länsimetron arvoinen miljardiprojekti, Keski-Pasilan Triplassa vaativaa infrarakentamista" Heilä Sampsa, Rekola Markku. Luettu 11.4.2018

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry p. 2016. Paalutusohje 2016 RIL 254-2016. sähkököinen kirja. Grano Oy.

<https://www.ril.fi/kirjakauppa/ohjeet-ja-normit/ril-254-2016-paalutusohje-po-2016-p-720.html>

Sweco. Luettu 17.4.2018

<http://www.sweco.fi/en/our-offer/architecture-and-urban-planning/bim/tripla2/>

Uusipasila. Luettu 10.4.2018.

<https://www.uusipasila.fi/>

Vr. Luettu 10.4.2018

[vr.fi/cs/fi/pasila\\_fi](vr.fi/cs/fi/pasila_fi)

Sweco Rakennustekniikka Oy. Paalutuksen työselitys 20.1.2016. Luottamuksellinen dokumentti.

YIT Twitter. Pasilan asema havainnekuva. Luettu 21.9.2017.

Tripla – Kuvia mediallyle. Luettu 23.9.2019

<https://yit.materialbank.net/NiboWEB/YIT/showCartPublicContent.do?uuid=6520528&random=187643&lang=en>.

Eurokoodit SFS. Luettu 24.9.2019

<https://www.sfs.fi/aihealueet/eurokoodit>

Raturva. Luettu 24.9.2019

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/ratatekninen-oppimiskeskus/koulutukset/raturva#.XYn3xm4zZEY>.

Finnsementti. Luettu 18.9.2019

<https://finnsementti.fi/palvelut/tietoa-betonista/tietoa-betonista-tietoa-betonista-suunnittelijalle/betonin-rasitusluokat-lyhyesti/>

Juvatec. Luettu 9.10.2019

<https://juvatec.com/sv/borring-tjanster/rorinfodring-av-borrade-hal>

Taloussanomat. Luettu 9.10.2019

<https://www.is.fi/taloussanomat/porssi/raaka-aine/HOTSTEEL.XXX>

Isomäki Antti, Täyttömaissa käytettävien paalutyypin vertailu. Tampereen ammattikorkeakoulu, huhtikuu 2016. Luettu 14.11.2019.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108909/Isomaki\\_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108909/Isomaki_Antti.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

