



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Markus Rantala

# PERUSTAMISKUSTANNUSTEN VER- TAILU

Sundomintie 204

Tekniikka  
2020

# VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

## Rakennustekniikan koulutusohjelma

### TIIVISTELMÄ

Tekijä	Markus Rantala
Opinnäytetyön nimi	Perustamiskustannusten vertailu
Vuosi	2020
Kieli	Suomi
Sivumäärä	25 + 9 liitettä
Ohjaaja	Tom Lipkin

---

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selvitettyä Vaasan Sundomissa sijaitsevalle tontille tehtävän uudisrakennuksen perustamiskustannukset. Vertailtavat perustamistavat ovat massanvaihdolla tapahtuvat maanvarainen laatta sekä paalutusperustainen tuulettuva alapohja. Opinnäytetyötä on rajattu näiden perustamistapojen eroavaisuuksiin, joten rakenteita, jotka molempiin joudutaan rakennusteknisistä ja määräyksistä johtuvista syistä asentamaan ei huomioida.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan massanvaihdolla ja paalutuksella tapahtuvan perustustyön vaiheista ja niiden vaatimuksista. Hinnoittelussa rakennuttaja halusi suosia paikallisia pienyrittäjiä ja materiaali hinnoittelussa käytettiin kuluttaja hintoja. Tarjoukset töistä haluttiin tunti veloituksella. Maamassojen määrät ja materiaali menkit laskettiin Excel – taulukkoon. Maaperän kerrokset saatiin selville suorittamalla tontille maaperätutkimus painokairaamalla. Maamassojen määrä laskennassa käytettiin apuna Rakennustieto – kortteja. Materiaali määrien laskut perustuivat rakennuksen alustaviin piirustuksiin.

Maaperätutkimuksessa kävi ilmi, että maaperä oli paljon pehmeämpi, kuin oli odotettu. Opinnäytetyön laskujen perusteella voidaan todeta, että perustaminen paalutuksella ja tuulettuvalla alapohjalla tulee huomattavasti halvemmaksi. Laskujen perusteella voidaan myös todeta, että suurimmat kustannukset massanvaihdossa on maa-ainesten kuljetukset.

---

Avainsanat: perustukset, pohjatutkimus, massanvaihto, paalutus, kustannukset

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Rakennustekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Markus Rantala
Title	Cost Comparison of Foundation Types for a Detached House
Year	2020
Language	Finnish
Pages	25 + 9 Appendices
Name of Supervisor	Tom Lipkin

---

The purpose of this thesis was to compare the costs of two different types of detached house foundations. The two different foundations in the comparison are slab-on-grade with replacement of soil and a crawl space foundation with piled soil.

The two different types of foundations and their requirements were studied first. Pricing was calculated with hourly rates. The contractor wanted only to use local workers and companies. Materials and landmasses were counted in an Excel table. A weight penetration test was used to define the soil structure.

Soil investigation revealed that the soil was much softer than expected. The calculations in this thesis show that it is cheaper to use a crawl space foundation with piled soil. The calculations also show that most of the expenses in a slab-on-grade with replacement of soil method come from the transportation costs.

---

Keywords: foundation, soil investigation, replacement of soil, piled soil, costs

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn tavoite .....	6
2	PIENTALON POHJATYÖT.....	7
2.1	Yleistä .....	7
2.2	Pohjatutkimus .....	7
2.2.1	Painokairaus .....	7
2.3	Massanvaihto .....	8
2.3.1	Kaivannon täyttö .....	9
2.3.2	Massojen kuljetus.....	9
2.3.3	Massanvaihdon haasteet.....	9
2.4	Paalutus .....	10
2.4.1	Paalutus pientalokohteissa .....	10
2.4.2	Paalutuksen haitat ja ongelmat.....	10
3	SUNDOMINTIE 204, POHJATUTKIMUS .....	12
3.1	Maaperätutkimuksen suoritus .....	12
4	PERUSTAMINEN MASSANVAIHDOLLA .....	15
4.1	Massojen kaivaminen.....	15
4.1.1	Kaivuu tavat .....	15
4.1.2	Maankaivuun tekijät.....	15
4.2	Maa-ainekset .....	16
4.2.1	Maa-ainesten käsittely.....	16
4.2.2	Maa-ainesten kuljetus.....	17
4.3	Rakennuksen perustukset.....	18
4.3.1	Antura.....	18

4.3.2	Kivijalka.....	18
4.3.3	Kivijalan eristys ja sisätäyttö .....	18
4.4	Kustannukset.....	19
5	PERUSTAMINEN PAALUTUKSELLE .....	21
5.1	Paalutus .....	21
5.1.1	Paalutuksen valmistelu.....	21
5.1.2	Paalutustyö .....	21
5.2	Perustukset .....	21
5.2.1	Antura.....	21
5.2.2	Kivijalka.....	22
5.2.3	Alapohja- ja lattia rakenne .....	22
5.3	Kustannukset.....	23
6	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET.....	26

## LIITTEET

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää omakotitalon rakennuksen eri perustamistavat ja niistä johtuvat kustannukset, kosteaan ja saviseen kohteeseen. Työssä keskitytään maanrakennustyön, anturan, harkkomuurauksen sekä maa-aine tarpeiden eroihin eri perustamismenetelmien näkökulmista.

Rakennuskohteeseen on suunnitteilla kaksi identtistä asuinrakennusta sekä autotalia. Toiselle tontille tehdään myös tie alueen reunaa pitkin. Rakennuttaja haluaa kuitenkin vain kustannusarvion vain ensimmäisestä tontista, sillä alue on tasainen ja rakennukset sijoittuvat tontille peilikuvana toisistaan. Rakennukset toteutetaan yksi kerrallaan, sillä rakennuttaja on pienyrittäjä ja hänellä ei ole resursseja tehdä molempia yhtä aikaan.

Rakennuskohteessa sijaitsee noin 500 neliön kylmä varasto rakennus, joka on puurunkoinen ja peltivuorattu. Kohteessa on myös muita pienempiä kevytrakenteisiä varastorakennuksia. Uudisrakennusten edestä puretaan noin puolet varastorakennuksesta, loppu varastoa käytetään rakentamisen ajan varastotilana. Rakennettavan alueen vieressä oleva tien on korkeudella +8,4 m ja rakennettava alue +7,3 m. Tästä syystä pohjatöiden avulla joudutaan nostamaan rakennettavaa aluetta noin 1.0 metrin verran. Haluttu lattia korkeus on noin +8,5 m.

Rakennuttaja on rajannut työtä niin, että pohjatyöt rakennusten alle tehdään massan vaihdolla tai paaluttamalla. Piha-alueen nosto voidaan suorittaa tontilla olevilla maamassoilla tai mahdollisesta massan vaihdosta tulevalle käyttökelpoisella maa-aineksella. Rakennuttaja on myös rajannut perustamisratkaisuja niin, että massanvaihdon kanssa tehdään maanvaraisella laatalla ja paalutettaessa tuulettuvalla alapohjalla.

Rakennuskohde sijaitsee Vaasan Sundomissa osoitteessa Sundomintie 204

## **2 PIENTALON POHJATYÖT**

### **2.1 Yleistä**

Rakennuksen perustusten tärkein tehtävä on johtaa ja jakaa rakenteista syntyvät kuormitukset maaperään. Jotta rakennuksen aiheuttamat kuormitukset saadaan hallitusti johdettua maaperään, on myös maaperän kestävä kyseiset kuormat.

”Suomessa hyvin tyypillinen maaperä on moreenia, joka kestää hyvin tyypilliset rakennukset ja niiden aiheuttamat kuormat. Ongelmaksi perustaessa tulee pehmeät maa-ainekset kuten savi ja siltti, jos rakennus kuitenkin halutaan rakentaa alueelle missä maaperä on pehmeää, tulee kyseiset maa-ainekset poistaa. Pehmeät maa-ainekset tulee poistaa rakenteiden alta ja korvata se kantavalla kiviaineella, kuten soralla tai sepelillä. Alue voidaan myös paaluttaa, jolloin tulevan rakennuksen perustusten alle lyödään teräs- tai betonipaalut.” /1/

### **2.2 Pohjatutkimus**

”Pohjatutkimuksen tarkoituksena on selvittää maakerrosten paksuudet, maalajit ja korkeusasemat. Tämän avulla saadaan selville kantavan maakerroksen sijainti.” /1/

”Pohjatutkimusten suunnittelussa, toteutuksessa, laadunvarmistuksessa ja raportoinnissa noudatetaan eurooppalaisia ohjeita yhdessä tiehallinnon laatiman, geotekniset tutkimukset ja mittaukset ohjeen kanssa.” /2/

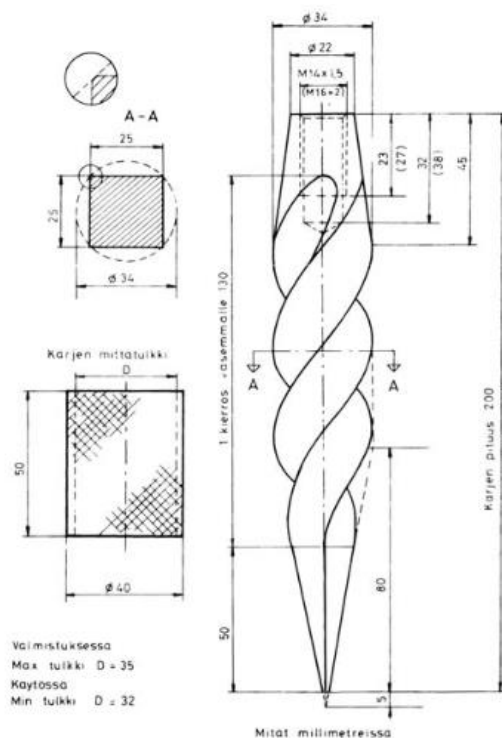
”Pohjatutkimusten suunnittelussa, tulkinnassa ja raportoinnissa noudatetaan standardia EN 1997-2 Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koetus.” /2/

#### **2.2.1 Painokairaus**

”Painokairaukset muodostavat yleensä maaperätutkimuksen perusaineiston. Painokairauksilla voidaan kairausvastuksen perusteella arvioida maakerrosten rajat ja kitka maakerrosten suhteellinen tiiviys. Maakerrosten ominaisuudet on yleensä

selvitettävä näytteenotolla sekä muilla tutkimusmenetelmillä, kuten siipikairauksella.” /3/

”Käsin tehtävässä painokairauksessa käytetään painosarjaa 10+10+25+25+25 kg = 95 kg + painopuristin, painoteline ja vääntövarsi – 5 kg, yhteensä 100 kg. Koneellisessa kairauksessa kuormitus saadaan koneen painosta ja irrallisista painoista. Kuormituksen suuruus voidaan mitata myös dynamometrillä.” /3/



**Kuva 1.** Painokairan kärki (Kairausopas 1).

### 2.3 Massanvaihto

”Massanvaihto kaivamalla menetelmässä pehmeät maakerrokset poistetaan joko kokonaan tai määräsyyvyteen. Täyttö tehdään yleensä päätypenkereenä luonnolliseen maanpinnan tasoon. Menetelmä rajoittuu etupäässä melko mataliin pehmeiköihin n. 3 - 5 m.” /4/

”Massanvaihtokaivannon leveyteen vaikuttavat penkereen leveys sekä maaperän sensitiivisyys ja leikkauslujuus. Kaivannon leveys mitoitetaan niin suureksi, että penkereen ja luiskien haitallinen painuminen estetään sekä luiskien riittävä



stabiilitteetti saavutetaan. Kaivannon luiskat tehdään normaalisti melko jyrkiksi kaltevuuteen 2-1...1-1, mikä tavallisesti riittää turvemailla ja pehmeillä koheesiomailla, jos täyttö tapahtuu välittömästi kaivun perässä.” /4/

### **2.3.1 Kaivannon täyttö**

”Paras ja eniten käytetty massanvaihtojen täyttö materiaali on louhe, mutta myös muita kitka maalajeja kuten soraa, moreenia tai hiekkaa voidaan käyttää. Kantavan pohjan ollessa pinnaltaan sivukaltevaa tai savikerroksen peittämää kalliota on suositeltavin täyttömateriaali penkereen pohjalla louhe. Mikäli massanvaihtoalueella tullaan paaluttamaan rakenteita, on suositeltavin täyttömateriaali paalutyypistä riippuen hiekka, murske tai pienkivinen sora.” /4/

### **2.3.2 Massojen kuljetus**

”Massanvaihtotöissä kuljetukset muodostavat menetelmän kustannuksista merkittävän osan ja kuljetusyhteyksiä tulee tarkastella jo suunnittelun yhteydessä sekä läjitys- että täyttömaiden osalta. Kuljetusten merkitys maanrakennustöissä kasvaa, sillä maanotto- ja läjitysalueet ovat yhä kauempana työkohteista.” /4/

”Tavanomaiset kuljetusetäisyydet vaihtelevat muutamista sadoista metreistä useisiin kymmeniin kilometreihin. Kaupunki alueella lyhyistäkin työmaan siäisistä siirtoetäisyyksistä kasvaa huomattavia. Liikenteelle aiheutuvia haittoja voidaan vähentää välttämällä kuljetuksia ruuhka-aikoina.” /4/

### **2.3.3 Massanvaihdon haasteet**

”Kaivannossa oleva vesi lisää yleensä luiskien vakavuutta, mutta vaikeuttaa kaivamista ja aiheuttaa kaivannon pohjan liettymistä sekä toimii vastapainona täyttömassojen alla estäen syrjäytymistä. talvella on estettävä jäälautan muodostuminen kaivannon pohjalla myöhempien sulamispainumavaurioiden ehkäisemiseksi. Tarvittaessa kaivanto voidaan kuivattaa esimerkiksi pumpuilla.” /4/

Suuremmissa massanvaihto kohteissa on myös otettava huomioon painumat.

”Massanvaihdolle varatut painuma-ajat ovat kokemukseen perustuvia arvioita ja lopullisesti vaaditut painuma-ajat selviävät työaikaisten mittauksen perusteella. Tavallisimmin varatut painuma-ajat ovat olleet 6...18 kk.” /4/

## 2.4 Paalutus

”Tukipaalu siirtää pääosan kuormastaan kärjen välityksellä kallioon tai tiiviiseen pohjakerrokseen. Osakuormasta voi siirtyä ympäröivään maakerrokseen vaippakitkan avulla. Paalutusperustusta suunniteltaessa on yleensä ensin selvitettävä tukipaalujen teknillinen ja taloudellinen käyttömahdollisuus.” /6/

”Kohteeseen parhaiten soveltuva paalutyyppe ja paalukoko valitaan mm. pohjasuhteiden ja kuormitusten sekä ympäröivien rakenteiden perusteella.” /5/

”Paalun asettaminen lyömällä on yleensä kustannustehokkain asennustapa. Niissä olosuhteissa missä paaluja ei ole mahdollista asentaa lyömällä voidaan paalu asentaa poraamalla. Poraamalla paalut voidaan asentaa lähes kaikissa maaperäolosuhteissa.” /5/

### 2.4.1 Paalutus pientalokohteissa

”Tukipaaluperustuksia käytettäessä kairauksilla selvitetään kallionpinnan sijainti ja kallion pintaosan rakenne pääpiirteittäin. Kallionpinnan sijainti ja muodot selvitetään erityisesti silloin, kun koheesiomaakerrokset ulottuvat kallionpintaan asti, kun kaltevan kallionpinnan päällä on löyhä karkearakeinen maakerros tai moreenikerros.” /6/

”Pientalokohteissa suositellaan käytettäväksi paalutusluokkaa PTL2. Aluerakentamishankkeissa tai pohjaolosuhteiden ollessa hankalat, saattaa olla tarpeellista käyttää paalutustyöluokkaa PTL3. Paalupisteiden määrän kasvaessa olennaisesti tai halluttaessa pienentää paalutuksen ympäristövaikutuksia käytettäessä lyömällä asennettavia HT-paaluja kannattaa harkita paalutustyöluokkaa PTL3.” /5/

### 2.4.2 Paalutuksen haitat ja ongelmat

”Lyötäessä paaluja löyhään karkearakenteiseen maakerrokseen paalutus aiheuttaa maaperän tiivistymistä, joka näkyy maanpinnan painumisena paalutusalueella. Painumat voivat aiheuttaa viereisen rakennusten painumia. Löyhässä kitkamaassa

paalutus on edullista aloittaa riskialttiimmalta kohdalta pois päin edeten. Maanpinnan ja ympäröivien rakenteiden painumista valvotaan vaaituksilla.” /6/

”Lyödessä paaluja hienorakenteiseen maakerrokseen paalutus aiheuttaa maan syrjäytymistä, kun savi tai siltti eivät tiivisty. Tämä ilmenee maanpinnan kohoamisena ja maakerrosten sivusiirtyminä. Kohoaman tilavuus voi vastata lyötyjen paalujen tilavuutta. Syrjäytyminen voi aiheuttaa esimerkiksi viereisten putkien tai joka rakennusten vaurioitumisen.” /6/

### 3 SUNDOMINTIE 204, POHJATUTKIMUS

Pohjatutkimuksen kohteena oli tontti, jossa sijaitsee 500 neliön varasto halli. Tontilta olisi tarkoituksena purkaa hallirakennus ja rakentaa tilalle kaksi omakotitalorakennusta. Tontin on todettu silmin olevan märkä ja pehmeä, varsinkin kevät- ja syyskuukausina tontin piha-alue on pehmeä ja vetinen. Tonttia kiertävissä ojissa on myös todettu olevan vettä ympäri vuoden. Naapurina haastatteleamalla on myös selvinnyt, että heidän rakennusten alta on kaivettu noin 3 metriä savea pois, joten voidaan myös olettaa rakennettavalla tontilla olevan savi kerros.

Pohjatutkimus tilattiin ulkopuoliselta tekijältä. Pohjatutkimuksen tekijäksi valikoitui Oy KS Geokonsult Ab.

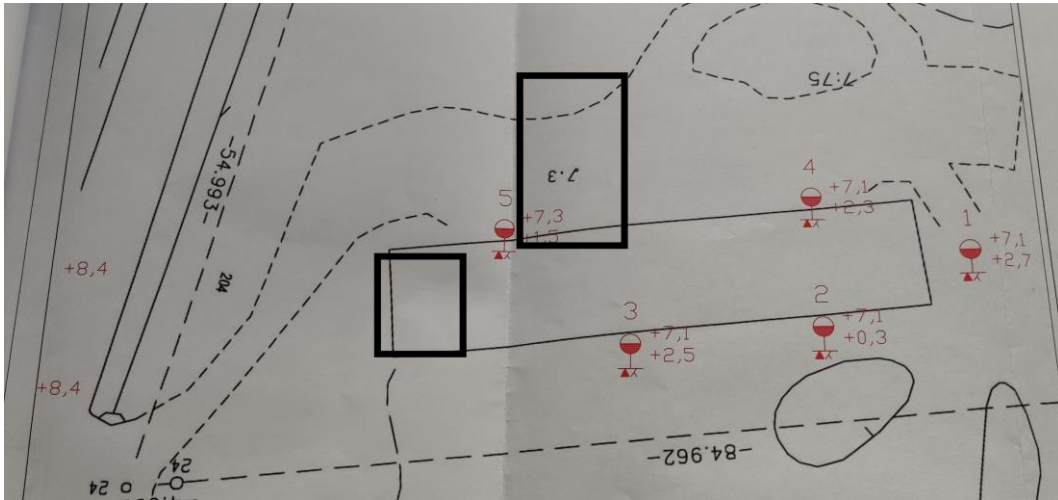
#### 3.1 Maaperätutkimuksen suoritus

Tontilla suoritettiin maaperätutkimus painokairaamalla viidestä eri pisteestä ympäri tonttia niin, että niiden perusteella voidaan arvioida molempien tulevien rakennusten perustamiskustannukset. Maanäytteet määriteltiin visuaalisesti. Kairauspisteet ja tontin viereinen tie vaaittiin GPS:llä N2000 korkeusjärjestelmän mukaan. Painokairaus suoritettiin poravaunulla.

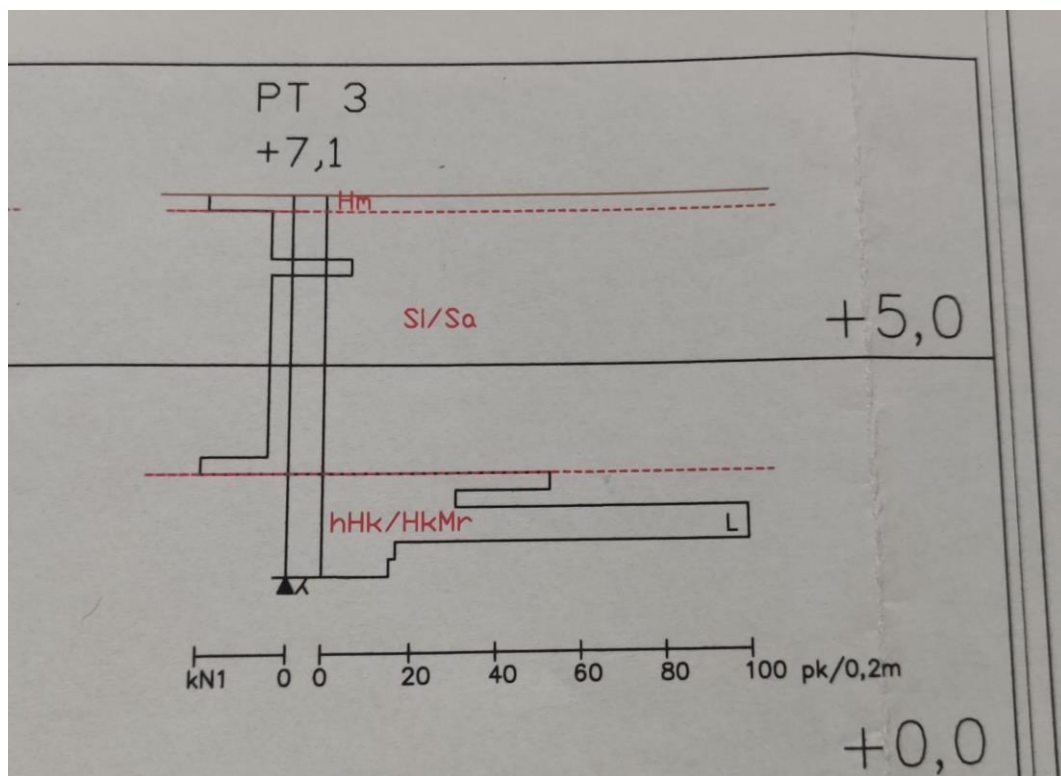
Maaperätutkimus suoritettiin 27.12.2019.

Kairauksien, maaperänäytteiden analysoinnin ja muiden havaintojen perusteella todettiin, että humuksen alla oli pisteissä PT1, PT4 ja PT5 noin 0,6 - 1,4 metrin paksuinen täyttö ja hienohiekka/hiekka kerros. Sen alla oli noin 3,2 - 4,5 metrin paksuinen siltti- ja savikerros. Pisteissä PT2 ja PT3 oli humuksen alla silttiä ja savea noin 3,4 - 3,8 metriä maanpinnasta. Kairaukset päättyivät kiveen tai kallioon. Maa-lajit ja kairausvyvydet käyvät parhaiten esille kairausdiagrammeista. /7/

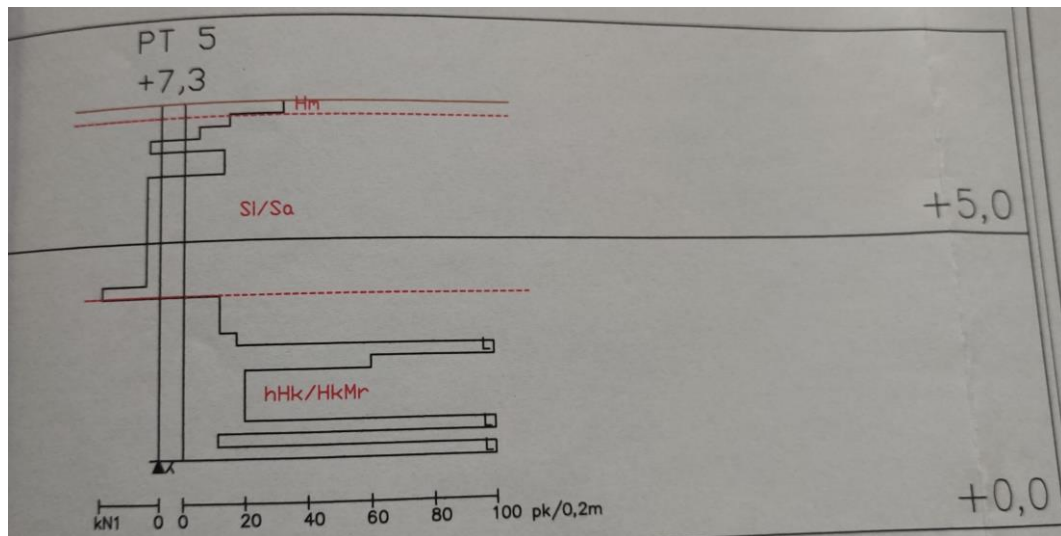
Tälle opinnäytetyölle kriittiset kairaus kohdat ovat PT5 ja PT3, sillä ne sijaitsevat laskettavan rakennuksen läheisyydessä. Tarkkoja tutkimus kohtia ei saatu, sillä rakennuksen poikkeus luvat muuttuivat maaperätutkimuksen jälkeen.



**Kuva 2.** Tutkimuskartta, sis. Alustavat sijainnit rakennuksille. (KS Geokonsult).



**Kuva 3.** PT3 Kairaus diagrammi. (KS Geokonsult).



**Kuva 4.** PT5 Kairaus diagrammi. (KS Geokonsult).



**Kuva 5.** Poravaunu kairaus pisteellä PT1. (Markus Rantala 27.12.2019).

## **4 PERUSTAMINEN MASSANVAIHDOLLA**

### **4.1 Massojen kaivaminen**

#### **4.1.1 Kaivuu tavat**

Rakennus kohteelle laskettiin perustamiskustannukset kahdelle eri ajankohdalle. Massojen määrät laskettiin normaalille kelille, joka vallitsee tontilla suurimman osan vuodesta. Massojen määrät laskettiin myös kuivalle kelille, kuivalla kelillä tontilla ei ole pintavettä. Normaali olosuhteissa kaivettaessa kaivannon luiskien on oltava kaltevuudeltaan 1:1. Kuivalla kelillä voidaan luiskat tehdä 1:2, jolloin sääsetään paljon kustannuksissa. Kaivuuta ei tehdä talviaikaan kustannussyistä.

Normaalit olosuhteet vallitsevat tontilla syyskuusta kesäkuuhun. Tänä aikana tonttia kiertävissä ojissa on vettä ja sateiden jälkeen tontilla on kauan vesilammikoita, minkä perusteella voidaan olettaa pintaveden olevan lähellä.

Kuivat olosuhteet vallitsevat tontilla heinäkuusta elokuun alkuun. Kuivan kelin aikaan tontilla tai sitä kiertävissä ojissa ei ole ollenkaan vettä. Tämän perusteella voidaan todeta pohjaveden olevan vähintäänkin noin kahden metrin syvyydessä. Riskinä kuitenkin kyseiselle kaivuu tavalle on vesisateet, jotka voivat romauttaa kaivannon.

Kaivinkoneen käyttö laskettiin rakennusten pohjatöille mikä sisältää massojen pois kaivuun sekä täytön. Rakennusten sisätäyttö on myös huomioitu laskuissa.

#### **4.1.2 Maankaivuun tekijät**

Rakennuttajalla on kokemusta kaivinkoneen käytöstä. Tämän takia haluttiin selvittää kustannustehokkain tapa kaivinkoneen käytöstä. Vertailu kohtana on rakennuttajan aikaisemmin käyttämä kaivinkone yrittäjä Mikael Sandelin/Ms Gräv.

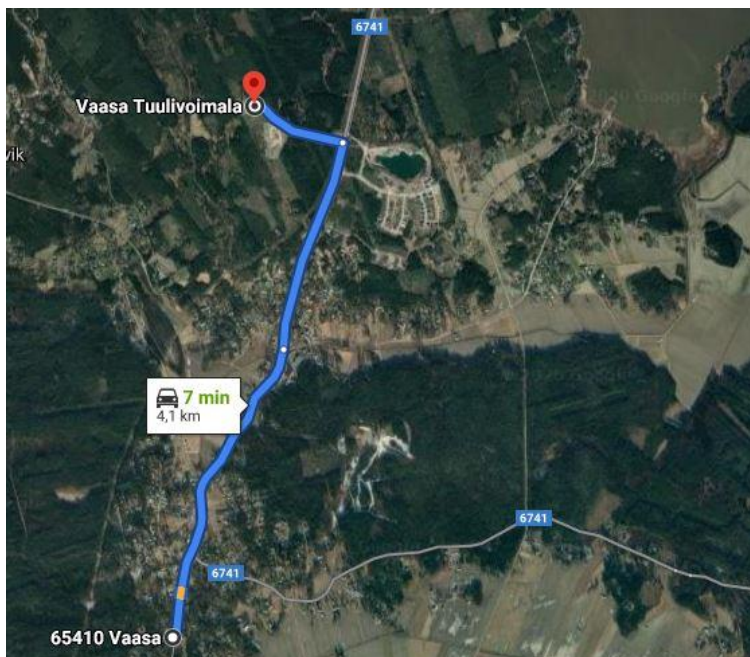
Rakennuttaja on kysynyt tarjouksen aikaisemmin toiseen kohteeseen KKH25 kokoluokan kaivinkonetta kuukausivuokralle. Vuokran hinta on 4500 €/kk alv 0 %. Vuokra hinta sisältää 160 h/kk koneen käyttöä. Kaivinkoneen vuokraus tarjous kysytty Wihuri Oy:ltä.

Ms Gräv:in kaivuu suoritetaan KKH14 kokoluokan kaivinkonetta ja hänen tuntiveoituksensa on 65 €/tunti alv 0 %.

## 4.2 Maa-ainekset

### 4.2.1 Maa-ainesten käsittely

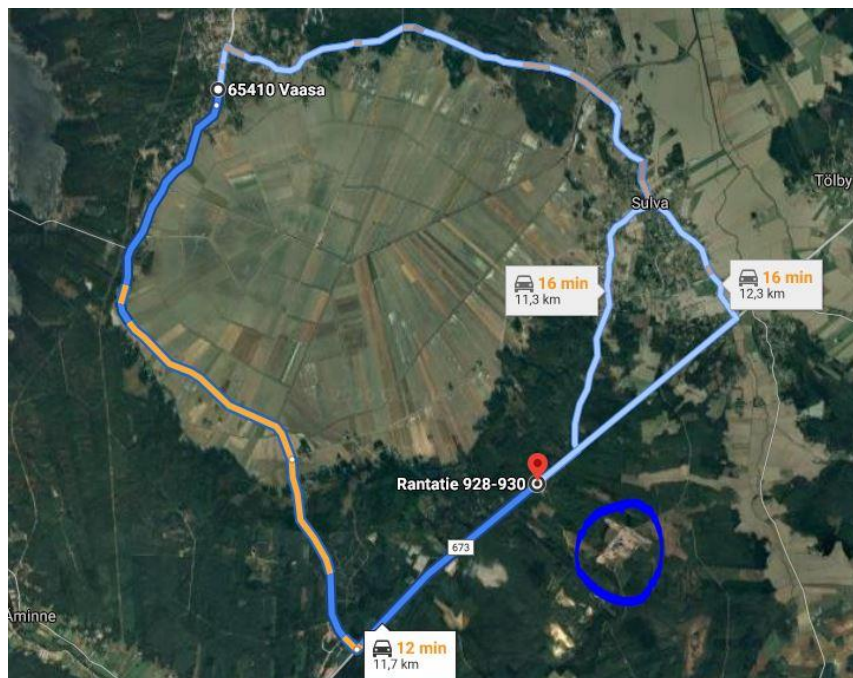
Pois kaivettavat massat kuljetetaan lähimmäiselle maankaatopaikalle, mikä sijaitsee Vaasan Tuulivoimalla osoitteessa Myrgrundintie 346. Etäisyys rakennuskohdeesta maankaatopaikalle on 4,1 km. Maamassojen kuljetus maankaatopaikalle maksaa 20 €/kuorma.



**Kuva 6.** Tontin ja maankaatopaikan välinen reitti. Kuva Google maps.



Täyttölouhe ja murskeet tuodaan lähimmäiseltä murskaamolta. Murskaamo on Sundström Oy:n omistama ja sijaitsee Mustasaaren Sulvalla osoitteessa Rantatie 925. Etäisyys rakennuskohteesta murskaamolle on 13 km. Rakennuttaja on kilpailuttanut kalliomurskeen ja -louheen hinnat Sundström Oy:ltä. Louheen 0-250 hinta on 6 €/tonni ja KAM 0-32 hinta on 8 €/tonni.



**Kuva 7.** Tontin ja Sundström Oy:n murskaamon välinen matka. Kuva Google maps.

#### 4.2.2 Maa-ainesten kuljetus

Vaihtoehtoiksi maa-aines kuljetuksiin valittiin kaksi paikallista yrittäjää. Molemmilla yrittäjillä on käytössä kuorma-auto, jonka kantavuus on 20 tonnia sekä maa-aines kuljetuksiin soveltuva perävaunu, jonka kantavuus 23 tonnia. Toisella yrittäjistä on myös käytössä puoliperävaunu, jonka kantavuus on 30 tonnia.

Anders Skur:llä on käytössä kuorma-auto ja maa-aines kuljetukseen soveltuva perävaunu. Veloitus kuorma-autosta 70 €/tunti alv 0 % ja yhdistelmällä 70 €/tunti alv 0 %.

Christian Hjort:lla on käytössä kuorma-auto ja maa-aines kuljetukseen soveltuva peräkärri sekä puoliperävaunu. Veloitus kuorma-autosta 75 €/tunti alv 0 %, yhdistelmällä 75 €/tunti alv 0 % ja puoliperävaunulla 85 €/tunti alv 0 %.

### **4.3 Rakennuksen perustukset**

#### **4.3.1 Antura**

Rakennuksen anturat tehdään valubetonilla, joka tuodaan tontille betoniautolla. Muottina käytetään LammiTassu LT26. Anturamuottiin asennetaan lisäraudoitus kolme kappaletta 10 mm paksuista harjatankoa RAW B500B:tä. Harjatangot toimitetaan 6 m pituisina. Tankojen limitykset on oltava vähintään 900 mm. Sekä asuinrakennus, että autotalli tehdään samalla tavalla ja samoilla materiaaleilla.

#### **4.3.2 Kivijalka**

Rakennuksen kivijalka tehdään muuraamalla, materiaalina käytetään Leca-harkkoja. Asuinrakennuksessa muuraus kierroksia on yhteensä neljä, joista kaksi ensimmäistä tehdään umpiharkolla RUH-300 ja kaksi viimeistä tehdään eristetyllä lämpöharkolla LTH-300. Autotalliin muuraus kierroksia on yhteensä neljä. Autotallin kivijalka tehdään kokonaisuudessaan RUH-200 harkolla.

Laastina käytetään ML Leca -muurauslaastia, joka toimitetaan suursäkeissä työmaalle. Harkkomuurauksen ja anturan väliin asennetaan kosteuden sulku. Jokaiseen muuraus kerrokseen asennetaan vierekkäin kaksi kappaletta 10 mm harjatankoa, jotka kiertävät koko kivijalan. Tankojen limitykset vähintään 900 mm.

#### **4.3.3 Kivijalan eristys ja sisätäyttö**

Kivijalka eristetään EPS-lattia eristeellä. Eristyksessä käytetään 50 mm paksuja eristyslevyjä. Kivijalka eristetään 100 mm paksulla, 2 x 50 mm kerroksella limitäten levyjen saumat.

Sisätäyttö tehdään KAM 0-32 -murskeella. Sisätäyttö tärytetään tiiviiksi, jonka jälkeen voidaan asentaa eristeet. Lattia eristetään EPS-lattiaeristeellä, 200 mm paksuudella, 4 x 50 mm kerroksella limittäen jokaisen kerroksen levyjen saumat.

Lattiavalu 80 mm tehdään eristyskerroksen päälle. Ennen lattiavalua asennetaan teräsverkot ja lattialämmitys.

Asuinrakennus ja autotalli tehdään molemmat samalla tavalla. Opinnäytetyön liitteenä alustavat detaljit rakenteesta.

#### **4.4 Kustannukset**

Kustannukset laskettiin rakennuttajan alustavien suunnitelmien mukaan, sillä virallisia piirustuksia ei vielä ollut työtä tehdessä.

Perustustyön kustannukset on laskettu ratu-korttien 0441 ja 0445 menekkien mukaan. Kaivettavien materiaalien ryöstö- ja löyhtymiskertoimet on myös ratu-korttien 0441 ja 0445 mukaiset. Materiaali määrät, menkit ja kustannukset löytyvät tarkemmin opinnäytetyön lasku liitteestä.

Kaivinkoneen suuruus kyseisessä tapauksessa ei ollut merkittävä tekijä. Koko kaivuuraan käytetty aika eroaa KKH14 ja KKH25 välillä vain yhden työvuoron verran. Kustannusten kannalta halvin vaihtoehto perustusten kaivuulle on molemmissa tapauksissa KKH25 vuokraaminen kahdeksi kuukaudeksi, sillä urakoitsija suorittaa itse kaivuutyön.

Maa-aines kuljetusten kustannuksiin suurin vaikuttava tekijä oli liikuttavat matkat, jotka ovat suhteellisen lyhyitä. Kustannusten kannalta halvin vaihtoehto on molemmissa tapauksissa Chistian Hjort'in puoliperävaunu.

Materiaali kustannuksissa on käytetty Stark Suomi Oy:n kuluttaja hintoja, betonin hinta pumpattuna Swerock Oy.

Tarkemmat kustannukset maansiirtotöihin sekä kustannukset ja materiaali menakit rakenteisiin löytyy liitteestä.

Kustannukset massanvaihto työlle ja perustuksille normaaleissa olosuhteissa olisi 96 970 € alv 24 %.

Kustannukset massanvaihto työlle ja perustuksille kuivissa olosuhteissa olisi 78 867 € alv 24 %.

Halvin vaihtoehto				
Kustannukset 1:1			Kustannukset 1:2	
Kuljetus & murske	Hjort PPV	52984 € Alv 0%	Hjort PPV	39611 € Alv 0%
Kaivuu	KKH25	9000 € ALV 0%	KKH25	9000 € ALV 0%
Tiivistys	Valssi	1138 € ALV 0%	Valssi	703 € ALV 0%
	Yhteensä	63122 € ALV 0%	Yhteensä	49313 € ALV 0%
	Yhteensä	78272 € ALV 24%	Yhteensä	61148 € ALV 24%

**Kuva 8.** Massanvaihdolla tehtävän perustusten maa-ainesten kustannukset.

	Määrä	Yksikkö	Hinta	Yksikkö	Yhteensä	ALV 24%
Betoni	30 m <sup>3</sup>		160 €/m <sup>3</sup>		4800 €	
Antura muotti	17 kpl		103 €/kpl		1751 €	
Harjateräs 10mm	57 kpl		6,52 €/kpl		369 €	
Harjateräs 8mm	38 kpl		4,27 €/kpl		162 €	
RUH-300	184 kpl		4,7 €/kpl		865 €	
RUH-200	272 kpl		3,4 €/kpl		925 €	
LTH-300	184 kpl		9,51 €/kpl		1750 €	
LTH-300 nurkat	8 kpl		7,88 €/kpl		63 €	
ML Leca (1000kg)	2 kpl		206 €/kpl		412 €	
Btoniteräsverkko	7 kpl		73,9 €/kpl		517 €	
EPS 50mm	81 pkt		40,8 €/pkt		3305 €	
			YHT.		14919 €	

**Kuva 9.** Massanvaihdolla tehtävän perustusten rakennusmateriaali menakit ja kustannukset.

## **5 PERUSTAMINEN PAALUTUKSELLE**

### **5.1 Paalutus**

#### **5.1.1 Paalutuksen valmistelu**

Tontilla on riittävästi tilaa paalujen säilytykselle, joten ne voidaan tuoda tontille hyvissä ajoin enne työn aloitusta. Myös paalutuksen suorittamiseen tarvittavalle kalustolle on tilaa tontilla. Tontilla on myös sähköt, joten paalujen katkaisu onnistuu kulmahiomakoneella ilman erillisiä toimenpiteitä tai laitteistoa.

Ennen paalutustyön aloitusta paalutettavalta alueelta kaivetaan pois pintamaa ja humus kerros. Kaivuu tehdään noin 300 mm syvyyteen. Kaivantoon levitetään suodatin kangas, jonka jälkeen kaivanto täytetään 0-32 -murskeella. Suodatin kankaalla estetään savisen maa-aineksen sekoittuminen murske petiin. Paalut lyödään murskeen ja suodatin kankaan lävitse.

#### **5.1.2 Paalutustyö**

Paaluiksi kohteeseen valikoitui lyötävät teräspaalut, paalutuksessa käytetään RR90/6,3 paaluja. Paalutus suoritetaan kaivinkoneeseen kiinnitettävällä paalutusvasaralla.

Paalutus tarjous saatiin paikalliselta yritykseltä Hoijar & Paro Trans AB:ltä. Tarjoukseen sisältyy paalutus työ yrityksen kalustolla, paalutuspöytäkirjat ja dokumentaatiot, paalujen katkaisun sekä ylimääräisten paalunpätkien siivouksen ja poisviennin.

### **5.2 Perustukset**

#### **5.2.1 Antura**

Rakennuksen anturat tehdään valubetonilla, joka tuodaan tontille betoniautolla. Muottina käytetään LammiTassu LT45. Asunrakennukseen tehdään myös kannatteleva väliseinä rakenne, tämän vuoksi joudutaan tekemään antura myös keskelle

rakennusta. Myös autotalliin joudutaan tekemään keskelle rakennusta kannatteleva antura, jolla saadaan rakennuksen sisälle tulevat kuormat johdettua paalutuksen päälle. Anturamuottiin asennetaan lisäraudoitus, anturan yläosaan kolme kappaletta 16 mm harjatankoa, anturan alaosaan neljä kappaletta 16 mm harjatankoa sekä koko anturamuotin matkalle K300 jaolla 8 mm harjatangosta tehtyä pysty lenkkiä. Harjatanko materiaalina käytetään RAW B500B:tä. Harjatangot toimitetaan 6 m pituisina. Pitkien harjatankojen limitykset on oltava vähintään 900 mm ja pystylenkkien vähintään 50 mm. Sekä asuinrakennus, että autotalli tehdään keskianturaa lukuun ottamatta samalla tavalla ja samoilla materiaaleilla.

### **5.2.2 Kivijalka**

Asuinrakennuksen kivijalka tehdään muuraamalla, materiaalina käytetään Leca-harkkoja. Muuraus kierroksia on yhteensä neljä ja ne tehdään umpiharkolla RUH-300. Kantava väliseinä muurataan myös RUH-300 -harkoilla. Autotalliin muuraus kierroksia on yhteensä kolme. Autotallin kivijalka tehdään kokonaisuudessaan RUH-200 harkolla.

Laastina käytetään ML Leca -muurauslaastia, joka toimitetaan suursäkeissä työmaalle. Harkkomuurauksen ja anturan väliin asennetaan kosteuden sulku. Jokaiseen muuraus kerrokseen asennetaan vierekkäin kaksi kappaletta 10 mm harjatankoa, jotka kiertävät koko kivijalan. Tankojen limitykset vähintään 900 mm.

### **5.2.3 Alapohja- ja lattiarakenne**

Asuinrakennuksen lattiarakenne tehdään tuulettuvalla alapohjalla. Harkkomuurauksen päälle asennetaan 51 x 300 x 8000 mm kertopuut K400 jaolla. Kertopuiden alapuolelle asennetaan 25 mm tuulensuojalevy. Lattian eristyksenä käytetään puukuitu eristettä 300 mm kerros, joka asennetaan 3 x 100 mm paksuina eristelevyinä. Eriste kerrosten saumat tulee limittää noin puolella levyllä. Eristekerroksen päälle asennetaan 18 x 1200 x 2700 mm OSB4-levy, jonka päälle voidaan asentaa lattialämmitys. Lattiaan valetaan 13 mm lattiavalu Webervetonit 5000:lla.

Autotallin anturoiden välinen tila täytetään KAM 0-32 -murskeella. Autotallin lattia eristetään 150 mm EPS-lattia eristeellä. Eristys asennetaan 3 x 50 mm eristelevyillä limittäen saumat. Eristäessä on huomioitava lattiavalu, joka ulottuu anturalle asti. Lattiavalun on ulotuttava anturalle asti, jotta voidaan varmistaa sen stabiilisuus ja kestävyys. Enne lattiavalua asennetaan ylimääräinen 5 x 2,35 8 – 150 teräsverkko valuun.

### **5.3 Kustannukset**

Kustannukset laskettiin rakennuttajan alustavien suunnitelmien mukaan, sillä virallisia piirustuksia ei vielä ollut työtä tehdessä.

Materiaali kustannuksissa on käytetty Stark Suomi Oy:n kuluttaja hintoja, betonin hinta pumpattuna Swerock Oy.

Paalutuksesta ei saatu kilpailutettua yrityksiä, sillä opinnäytetyötä tehdessä oli saatu vain yksi tarjous.

Tarkemmat materiaalimenekit opinnäytetyön liitteestä.

Kustannukset paalutus työlle ja perustustavan materiaaleille olisi 46 544 €.

	Määrä	Yksikkö	Hinta	Yksikkö	Yhteensä	ALV 24%
Betoni	38 m <sup>3</sup>		160 €/m <sup>3</sup>		6080 €	
Antura muotti	22 kpl		118,85 €/kpl		2615 €	
Harjateräs 16mm	182 kpl		16,4 €/kpl		2985 €	
Harjateräs 8mm	116 kpl		4,27 €/kpl		495 €	
RUH-300	488 kpl		4,7 €/kpl		2294 €	
RUH-200	258 kpl		3,4 €/kpl		877 €	
Kertopuu 51x300x	42 kpl		161 €/kpl		6762 €	
Tuulensuojalevy	32 kpl		43,2 €/kpl		1382 €	
Puukuitueriste	384 pkt		27,83 €/pkt		10687 €	
OSB4-levy	36 kpl		31,75 €/kpl		1143 €	
Webervetonit 500	137 Säkkiä 20		20,3 €/kpl		2781 €	
ML Leca (1000kg)	2 kpl		206 €/kpl		412 €	
Betoniteräsverkko	7 kpl		73,9 €/kpl		517 €	
EPS 50mm	20 pkt		40,8 €/pkt		816 €	
Paalutus RR90					6698 €	
				YHT.	46544 €	

**Kuva 10.** Paaluttamalla tehtävän perustusten materiaali menekit ja kustannukset.



## 6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää perustamiskustannukset Vaasan Sundomissa osoitteessa Sundomintie 204 sijaitsevalle tontille. Työssä haluttiin vain keskittyä rakenteiden eroavaisuuksiin, minkä vuoksi työssä ei ole huomioitu rakenteita, joita molemmissa tapauksissa tulee rakennusteknisistä syistä olla.

Tontin oletettiin alueen historian ja sijainnin sekä naapureiden haastattelujen perusteella olevan siltiä ja savea. Alueen tiedettiin myös olevan kostea sillä, sitä kiertävissä ojat ovat suurimman osan vuodesta täynnä vettä. Maaperätutkimusta tehdessä tuli kuitenkin yllätyksenä pehmeiden maamassojen määrä. Maaperätutkimuksista voitiin kuitenkin todeta, että kantava pohja on tasainen. Tämä helpottaa varsinkin mahdollista paalutustyötä, sillä paalut voidaan tilata saman mittaisina. Massanvaihto työssä ongelmaksi ja suureksi kustannukseksi syntyy alueella oleva pintavesi. Pintaveden ja sen aiheuttaman kaivannon sortumisvaaran vuoksi, on kaivannon luiskat kaivettava todella loiviksi, mikä lisää merkittävästä kaivannon kokoa.

Kustannus näkökulmasta kyseiselle tontille tehtävän rakennuksen perustukset tulisi paaluttaa. Kustannuksia voitaisiin pienentää materiaali valinnoilla. Asuinrakennuksen alapohjassa voitaisiin puukuitueristeen sijaan käyttää esimerkiksi Paroc:in kivivillaeristeitä, joiden neliöhinta on noin kolmanneksen vähemmän.


Nyrkkisääntönä paaluttamiselle voidaan pitää kolmen metrin massanvaihto rajaa. Oleellisesti massanvaihdon kannattavuuteen vaikuttaa kuljetus matkat. Kuljetus matkojen ollessa pitkiä, laskee paalutuksen kannattavuus vain muutamaan metriin. Täytyy kuitenkin huomioida paalujen toiminnan kannalta minimi mitat.

Opinnäytetyön teon aikana opin paljon uutta ja hyödyllistä tietoa perustamisratkaisuista, varsinkin paalutustyön kannattavuus yllätti. Opin myös paljon maaperätutkimuksen suorittamisesta. Opinnäytetyön ansiosta kiinnostukseni infra-alalle kasvoi entisestään.

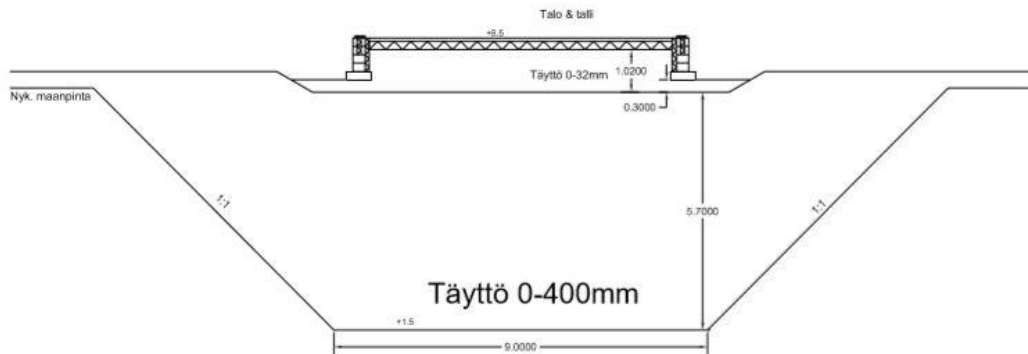
## LÄHTEET

- /1/ [Infra ry, Pientalon maarakennustyöt 2010 https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/ohjeita-ja-opastusta/pientalon\\_marakennustyot.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/ohjeita-ja-opastusta/pientalon_marakennustyot.pdf)
- /2/ Tiehallinto, Geotekniset tutkimukset ja mittaukset 2008 [https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100057-v-08-geotekniset\\_tutkimukset\\_ja\\_mittaukset.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf/2100057-v-08-geotekniset_tutkimukset_ja_mittaukset.pdf)
- /3/ Suomen geoteknillinen yhdistys, Kairausopas 1 1981 <https://sgy.fi/wp-content/uploads/2017/04/kairausopas-1-painokairaus-taerykairaus-heijarikairaus.pdf>
- /4/ Tielaitos, Massanvaihto 2/1993 <https://julkaisut.vayla.fi/thohje/pdf2/massanvaihto.pdf>
- /5/ HTM, HT-teräspaalu HT-teräspaalujen suunnittelu- ja asennusohjeet 3/2017 [https://htmyhtiot.fi/assets/files/pdf/HT\\_teraspaalujen\\_suunnittelu\\_ ja\\_asennusohje\\_3-2017.pdf](https://htmyhtiot.fi/assets/files/pdf/HT_teraspaalujen_suunnittelu_ ja_asennusohje_3-2017.pdf)
- /6/ Tielaitos, Teräspaalu 1999 <https://julkaisut.vayla.fi/sillat/julkaisut/terasputkipaalut1999.pdf>
- /7/ Maaperätutkimus Oy KS Geokonsult Ab
- /8/ Ratu – kortti 0441 Maankaivuu. Menekit ja menetelmät
- /9/ Ratu – kortti 0445 Täyttö. Menekit ja menetelmät

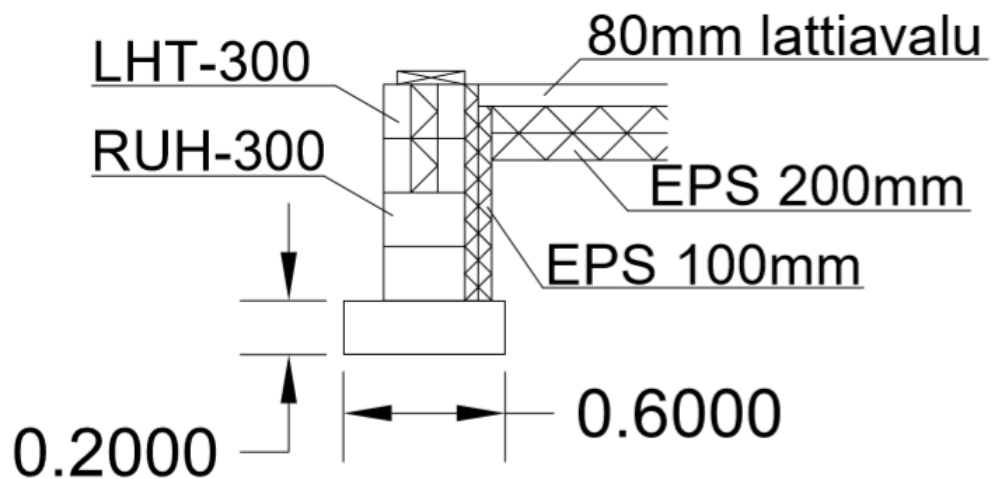
## LIITTEET

		1
Sundomintie 204 Kiinteistö Oy Rantala Timo		MAAPERÄTUTKIMUS
timo.rantala@trtalot.fi		27.12.2019
MAAPERÄTUTKIMUS UUDISRAKENNUSTA VARTEN		
<u>Yleistä</u>	Timo Rantalalan toimeksiannosta on KS Geokonsult suorittanut pohjatutkimuksen ensin mainitulle Vaasassa, Sundomintie 204.	
	Alueella suoritettiin painokairauksia viidessä pisteessä ja ylösnostetut maanäytteet määriteltiin visuaalisesti. Kairauspisteet, viereinen tie vaaiittiin GPS:llä (kts. kartta 2688.1, viralliset korkeudet, N2000 korkeusjärjestelmä).	
<u>Maaperä</u>	Kairauksien, maanäytteiden analysoinnin ja muiden havaintojen perusteella todettiin, että humuksen alla oli pisteissä PT1, PT4 ja PT5 noin 0,6-1,4 metrin paksuinen täyttö ja hieno hiekka/hiekkakerros. Sen alla oli noin 3,2-4,5 metrin paksuinen siltti- ja savikerros. Pisteissä PT2 ja PT3 oli humuksen alla silttiä ja savea noin 3,4-3,8 metriä maanpinnasta. Kairaukset päättyivät kiveen tai kallioon. Maalajit ja kairausyvytydet käyvät parhaiten esille kairausdiagrammeista (kts. piirustus 2688.2, mittakaava 1:100) joista myös maalajimerkinnot ilmenevät;	
	Hm = humus Sa = savi Si = siltti hHk = hieno hiekka HkMr = hiekkamoreeni	
<u>Suosittelava perustaminen</u>	Rakennus tulee perustaa paalujen varaan. Paalutuksessa tulee noudattaa RIL:n julkaisua LPO-2005 (Lyöntipaalutusohjeet). Varsinkin loppulyöntisarjat ovat tärkeitä, jotta paalutuksessa saavutetaan oikeat kantavuudet. Paalut tunkeutuvat suurin piirtein yhtä syvälle kuin kairauksetkin (kts. kairausdiagrammit, mittakaava 1:100).	
Oy KS GEOKONSULT Ab Friggantie / Friggasvägen 8 68500 Kruunupyö / Kronoby Puh./ tel 0400-266 604 Fax 06-835 9203 www.ks-geokonsult.fi		Y-tunnus / FO nummer: 2539280-5

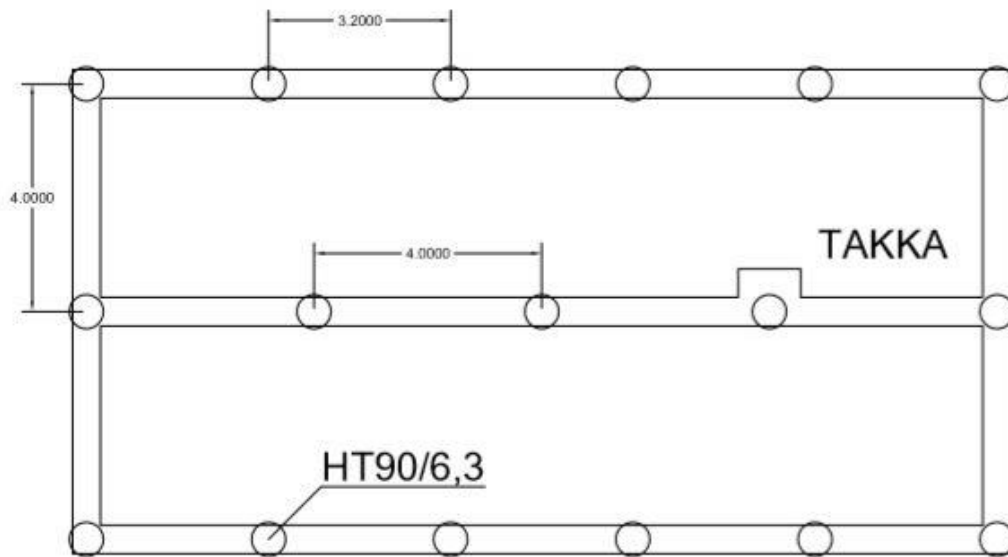
### Liite 1. Maaperätutkimus



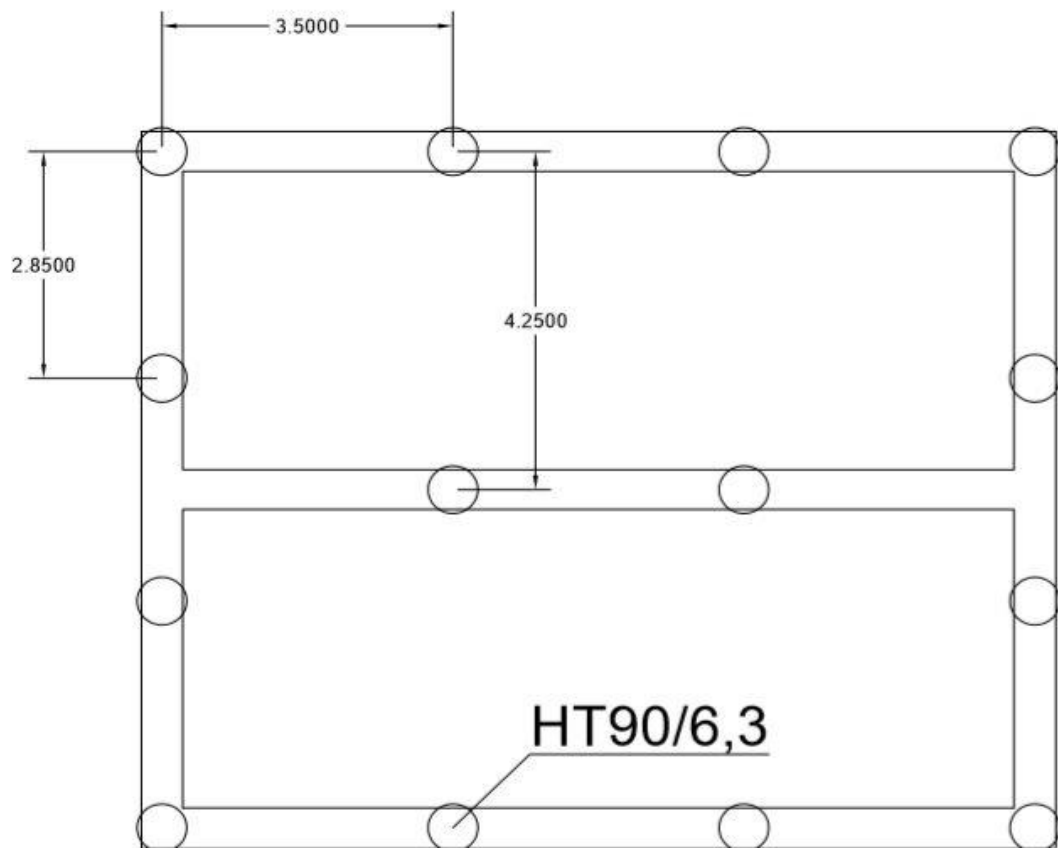
**Liite 2.** Leikkaus massanvaihdosta, 1:1 kaivannolla.



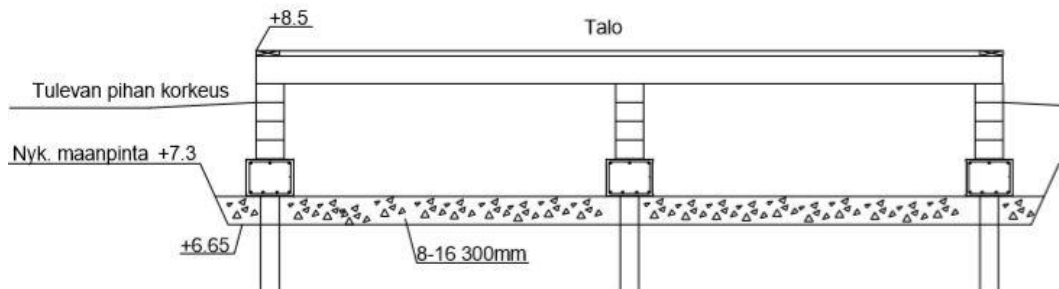
**Liite 3.** Perustusten leikkaus, massanvaihto menetelmällä. Talo 300 mm harkolla, talli 200 mm harkolla.



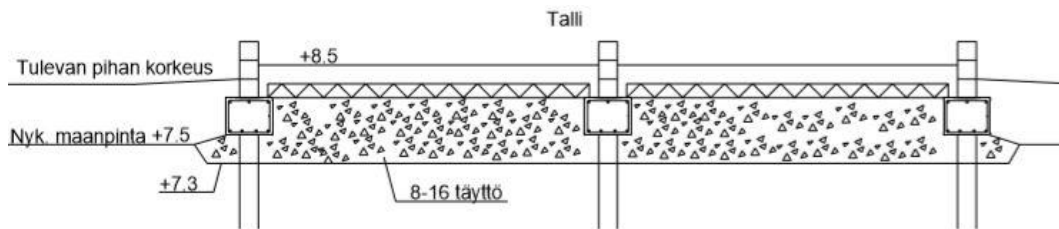
**Liite 4.** Talon paalujen sijainnit.



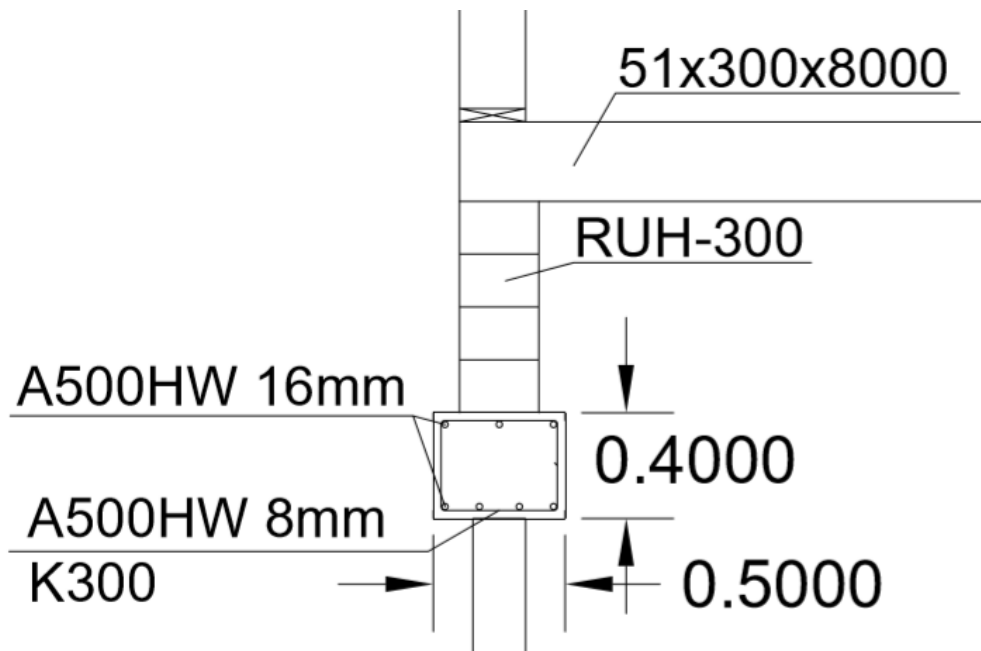
**Liite 5.** Tallin paalujen sijainnit.



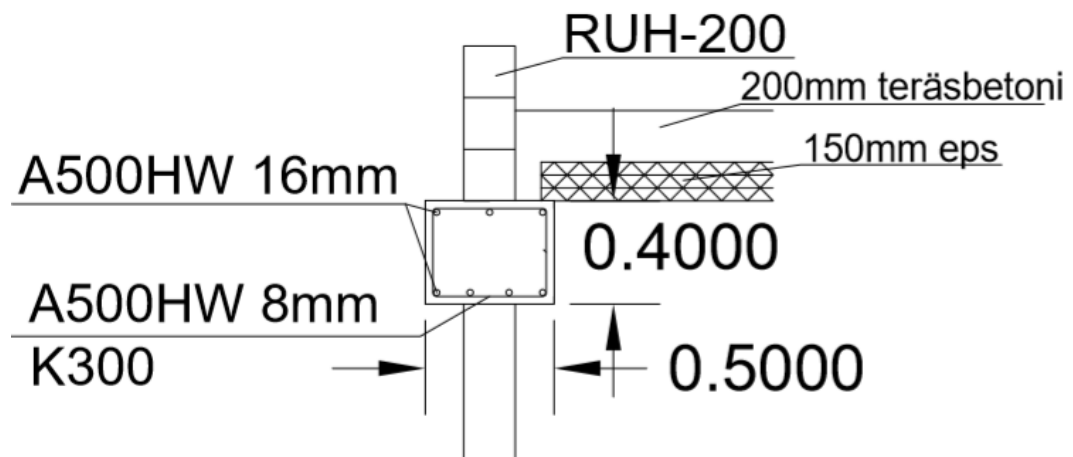
**Liite 6.** Leikkaus talon perustuksista.



**Liite 7.** Leikkaus tallin perustuksista.



**Liite 8.** Detalji talon perustuksista.



**Liite 9.** Detalji tallin perustuksista.