



Antti Matinlompolo

## **PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUSMALLI**

# PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUSMALLI

Antti Matinlompolo  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan Koulutusohjelma, Talonrakennus

---

Tekijä: Antti Matinlompola  
Opinnäytetyön nimi: Perustustöiden toteutusmalli  
Työn ohjaajat: Jarmo Erho, Soili Fabritius  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2012 Sivumäärä: 31 + 27 liitettä

---

Perustuksen tehtävänä on siirtää rakenteista aiheutuvat kuormitukset maapohjalle ja estää rakennuksen haitallinen painuma. Perustukset ovat talon rakenteen tärkeimpiä osia, ja ne tuleekin tehdä kunnolla, jotta vältytään ongelmilta myöhemmissä rakennusvaiheissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata Oulun kunnossapitovarikon alueelle rakennettavan junien huoltohallin perustustöiden vaiheet ja työmenetelmät. Hankkeen pääurakoitsijana toimi Graniittirakennus Kallio Oy, jolle kuuluivat kaikki maarakennustyöt.

Perustustöihin liittyvät teoretiset tiedot koottiin rakennusalan kirjallisuudesta sekä työmaalla käytettyjen asiakirjojen pohjalta. Työssä tutustuttiin perustustavan suunnitteluun, valintaan ja toteutukseen. Perustustöiden käytännön vaiheista kuvattiin vaiheittain pohja-, kaivu-, muotti- ja raudoitustyöt sekä betonointi.

Oulun kunnossapitovarikolle rakennettava junien huoltohallin perustustyöt suoritettiin siten, että ne täyttivät kaikki niille suunnitteluvaiheessa määrätyt laatuvaatimukset. Onnistuneiden perustustöiden taustalla olivat yrityksen tarkasti tehdyt suunnitelmat, asianmukainen kalusto ja materiaali sekä osaavat rakentajat. Työ antaa hyvän mallin perustustöiden toteuttamiseen sekä muistilistan asioista, joita perustustöiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon.

---

Asiasanat: Perustustyöt, Toteutusmalli, Laadunvarmistus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Civil Engineering, House Building Engineering

---

Author: Antti Matinlompolo

Title of thesis: Foundation Works of Implementation Model

Supervisor(s): Jarmo Erho, Soili Fabritius

Term and year when the thesis was submitted: Pages: 31 + 27 appendices

---

The foundations of the building are the most important parts of the construction. The task of foundations is to transfer the loads of the constructions to the ground and prevent harmful crash of the building.

The aim of this study was to describe how the foundations of the train maintenance hall in Oulu will be done and go through the steps which relate to the foundation and the working methods. Graniittirakennus Kallio Oy was the general contractor for the project.

The theory, which concerns the construction of foundations, has been collected from the construction literature and also on the basis of the documents which have been used at the construction site. The planning, selection and implementation in the construction of foundations has been familiarized with in this study.

The construction of foundations has been carried out in such a way that they fulfill all the quality requirements which have been specified for the planning. The company's accurately prepared plans, appropriate equipment and materials and also the expert builders guaranteed the successful foundation's construction work. This study provides a good model for doing construction of foundations, as well as a check-list from the things that construction of foundations should be taken into the planning.

---

Keywords: Construction of Foundations, Implementation Model, Quality Assurance

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 PERUSTUSTYÖT	7
2.1 Pohjatutkimus ja maaperätyypit	7
2.2 Perustustavan suunnittelu	9
2.3 Perustusvaihtoehdot	10
2.3.1 Anturaperustus	11
2.3.2 Laattaperustus	11
2.3.3 Heikosti kantava maaperä	12
3 PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUS OULUN KUNNOSSAPITOVARIKON TYÖMAALLA	13
3.1 Pohjatutkimukset työmaalla	14
3.2 Pohjatyöt ja kaivannot	16
3.3 Pohjaveden alentaminen	18
3.4 Perustukset	19
3.4.1 Muottityöt	19
3.4.2 Raudoitustyöt	21
3.4.3 Betonointi	22
3.5 Salaojat	23
4 LAADUNVARMISTUS	24
5 MUOTTITEKNIIKAN VALINTA PERUSTUSTÖISSÄ	26
5.1 Kasettimuotit	26
5.2 Kappaletavaramuotit	27
5.3 Muottitekniikan valinta	27
6 POHDINTA	29
LÄHTEET	30
LIITTEET	31

# 1 JOHDANTO

VR-Yhtymän hallituksen päätöksestä Ouluun rakennetaan uusi vetureiden ja matkustajajunien kunnossapitovarikko. Oulun kunnossapitovarikon työmaa sijaitsee Nokelan ratapihalla, jonne rakennetaan junien huoltohalli. Pääurakoitsijana huoltohallihankkeessa toimii Graniittirakennus Kallio Oy, jolle kuuluvat junahallin perustustyöt. Rakennettavan huoltohallin alue on ollut aikaisemmin rautatiekäytössä ja aluetta on käytetty myös varastoalueena.

Rakennuksen perustustöiden huolellinen suunnittelu ja huolella valitut rakentajat takaavat sen, että rakennustyömaa pystytään toteuttamaan suunnitelmien mukaisesti sovitussa aikataulussa. Opinnäytetyössä käydään läpi perustustöiden suoritusvaiheet sekä laadunvarmistaminen Oulun kunnossapitovarikon työmaalla. Tavoitteena on kuvata perustustöiden eri työvaiheet sekä luoda selkeä malli perustustöiden toteutuksesta työmaalla.

Opinnäytetyön tarkoituksena on myös tutkia muottitekniikan valintaa perustustöissä sekä selvittää, mihin tilanteisiin eri muottitekniikat soveltuvat parhaiten. Pyrkimyksenä on perehtyä siihen, mitkä tekijät vaikuttavat onnistuneen muottitekniikan valintaan, ja tarkastella hyötynäkökulmaa niin kustannuksien, ominaisuuksien kuin aikataulunkin kannalta.

## 2 PERUSTUSTYÖT

Perustuksen tehtävä on siirtää rakenteista aiheutuvat kuormitukset maapohjalle ja estää rakennuksen haitallinen painuma. Yleisimmät perustamistavat ovat an-  
turaperustukset, laattaperustukset ja paaluperustukset. Perustustyöt aloitetaan yleensä pohjatutkimuksella. (Marxvelt Oy. 2012, linkit Perustustyöt.)

### 2.1 Pohjatutkimus ja maaperätyypit

Rakennuspaikan pohjasuhteet on selvitettävä jokaisen rakennushankkeen yhteydessä. Yleensä tämä selvitys tehdään rakennuspaikalla tehtävällä pohjatutkimuksella, koska maaperän koostumus vaihtelee ja pintamaan alla voi olla kerrostuneina hyvinkin eri tavoin käyttäytyviä maalajeja. Pohjatutkimuksella selvitetään rakennuskohteen ja sen vaikutusalueen pinnanmuodot, maapohjan kerrosrakenne, kallionpinnan sijainti, maakerrosten ja kallion ominaisuudet. Pohjatutkimuksella on myös selvitettävä pohjavesisuhteet siten, että pohjarakenteiden suunnitteluun ja niiden teknisesti tarkoituksen mukaiseen ja turvalliseen rakentamiseen saadaan riittävät tiedot. Tutkimuksia on tehtävä niin paljon ja sillä tarkkuudella, että voidaan varmuudella valita suunnitellun rakennuksen lattia- ja pihatasot sekä putkijohtojen yms. perustamistapa ja tasot. Lisäksi tutkimuksien perusteella valittu perustamistapa voidaan yksityiskohtaisesti suunnitella sekä mitoittaa perustukset ja routasuojaus. Pohjatutkimuksen yhteydessä suoritetaan yleensä myös tarvittavat radonmittaukset. (RT 81–10486. 1992, 8.)

Pohjatutkimuksessa rakennuspaikan maaperä selvitetään kairausnäytteiden avulla vähintään rakennuksen nurkkien kohdalta, tarvittaessa useammastakin pisteestä. Kairausnäytteestä selviävät ainakin maalajit, maakerrosten paksuudet ja pohjaveden pinnan korkeus. Tutkimuksen yhteydessä selvitetään myös rakennuspaikan vaaitus veden virtaussuuntien ja täyttötarpeiden määrittämiseksi. Pohjatutkimuksen avulla voidaan kätevästi rajata käytettävissä olevat perustamistavat. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Moreeni on hyvin tiivistä, ja se muodostuu yleensä useista toisiinsa sekoittuneista maalajeista. Kantavuusominaisuuksiltaan se on erittäin hyvä, varsinkin jos perustus voidaan tehdä ilman suurempia täyttöjä suoraan luonnontilassa olevan tiivistyneen maan päälle. Routivana maalajina moreeni vaatii kuitenkin riittävällä routaeristyksellä suojatun tai riittävän syvälle routarajan alle ulottuvan perustuksen. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Lomarakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Sora ja karkea hiekka ovat painumisen suhteen riskittämiä vaihtoehtoja silloin, kun voidaan tehdä lähes suoraan luonnontilassa olevien maalajien päälle. Joissain tapauksissa nämä maalajit saattavat esiintyä vesiolosuhteiden kasaamina kerrostumina, joiden alta voi löytyä savea, hiesua tms. heikosti kantavaa maa-ainesta. Jos soraa tai hiekkaa on merkittävästi liikuteltu tai tuotu rakennuksen alle, maa on tiivistettävä kerroksittain kantavuuden varmistamiseksi. Puhdas sora tai hiekka ei kovin hyvin pidätä vettä eikä tästä syystä myöskään roudi. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Lomarakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Kallio ei painu eikä roudi. Jos kallio on näkyvässä tai sen päällä oleva maakerros on ohut, voidaan talo perustaa suoraan kallion päälle. Toisaalta kalliomaastossa vesi- ja viemäriputkien maahan upottaminen on hankalampaa kuin muilla maalajeilla. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Lomarakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Savi, hieta ja hiesu ovat hienorakenteisia maalajeja, joiden kantavuus on heikompi kuin karkeampien maa-ainesten. Näiden maa-ainesten painumisominaisuudet voivat vaihdella, joten sopivan perustustavan määrittely vaatii pohjatutkimusta, jotta saadaan tarkempaa tietoa maaperästä. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Lomarakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Multa ja turve eivät sovellu perustusten ja talon alle. Nämä kerrokset tulee poistaa mahdollisuuksien mukaan kokonaan rakennuksen alta ja korvata soralla. Erityisesti paksujen kerrosten kohdalla voidaan joutua turvaamaan myös peh-



meiden rakennuspaikkojen erikoisratkaisuihin. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Lomarakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

## **2.2 Perustustavan suunnittelu**

Perustuksien suunnittelussa tulee huomioida lujuusvaatimukset, lämmöneristävyys sekä kosteuden eristys. Suunnittelussa on huolehdittava rakennuksen ympärille riittävät kaadot kiinteistöstä pois päin vietäväksi tai muuten estää valumavesien pääsy perustuksiin. Maan päälle jäävän sokkelin korkeudeksi suositellaan vähintään 300 mm, jottei roiskuva sadevesi pääsisi kastelemaan varsinaista julkisivumateriaalia. Toinen kosteusriskin aiheuttaja rakennukselle on alapäin nouseva vesi. Kapillaari-ilmiön aiheuttamat vauriot estetään käyttämällä rakennuksen alla riittävän karkeaa puhdasta soraa sekä salaojituksia ja kapillaarikatkoja perustusten ja rungon liittymäkohdissa. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Routivilla maapohjilla täytyy rakennukseen tehdä joko riittävä routaeristys tai syväperustus, jolloin perustus ulottuu routarajan alapuolelle. Suomen oloissa routarajan alapuolelle perustaminen vaatii jo 2 - 2,5 metrin syvyyteen ulottuvaa perusmuuria. Routaeristys toteutetaan hyväksytyillä routaeristyslevyillä. Routaeristyslevyt asennetaan tiivistetylle ja tasatulle alustelle siten, että pintavesien kulkeutuminen ohjataan rakennuksesta pois päin. Eristyksen leveys rakennuksen ulkopuolella tulisi olla 1 - 1,5 metriä ja paksuus 50 – 100 mm lämpimien tilojen yhteydessä. Rakennuksen ulkonurkissa routaeristystä lisätään 1,5 - kertaiseksi muuhun eristykseen verrattuna. Eristämisen määrään vaikuttavat ilmasto-olosuhteet ja perustamissyvyys. Matalaperustaminen vaatii enemmän suojausta kuin syvemmälle tehdyt perustukset. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Työohje → Perustukset ja alapohja → Perustusten routaeristyksessä ei kannata säästää rahaa eikä aikaa.)

Suunnittelussa on lisäksi otettava huomioon mahdollinen radonsuojaus. Kolmannes uuden talon rakentajista joutuu huomioimaan myös radonriskin. Jos on tiedossa, että rakennuspaikan maaperästä vapautuu haitallisessa määrin radonkaasua, sen pääsy sisätiloihin on estettävä. Yksinkertainen ja tehokas keino radonvaaraa vastaan on kantavan ja tuulettuvan alapohjan tekeminen. Muita

vaihtoehtoja ovat alapohjan rakenteiden tiivistäminen kaasutiiviiksi ja alapohjan alapuolisten soratilan koneellinen tuulettaminen sekä näiden yhdistelmä. Radonmittaus suoritetaan pohjatutkimuksen yhteydessä. Tutkimuksessa putki upotetaan maaperään ja ilmavirtauksesta määritellään radonkaasupitoisuudet. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

### 2.3 Perustusvaihtoehdot

Käytettävissä oleviin perustusvaihtoehtoihin vaikuttavat sekä maaperän kantavuus että routivuus. Muita perustamistavan valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat tontin pohjasuhteet, maaston muodot, pohjaveden korkeus ja perustusten yläpuoliset rakenteet. Tyypillisimmät perustamistavat eri maaperäolosuhteissa on esitetty taulukossa 1. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

*TAULUKKO 1. Perustamistapoja eri maaperäolosuhteissa (RT 81–10486. 1992, 8)*

Perustamistapa	Maaperä						
		Kallio	Tiivis tai keskitiivis hiekka, sora tai moreeni	Tiivis siltikerros	Ohut (3 m) pehmeä silti- tai savikerros ja kuivakuorikerros	Paksu, pehmeä silti- tai savikerros	Paksu, hyvin pehmeä silti- tai savikerros
1 Perusmuuri ja maanvarainen alapohja		•	•	•	• <sup>1)</sup>		
2 Perusmuuri ja maanvarainen alapohja, kellari		•	•	•		•	
3 Perusmuuri ja kantava alapohja, ryömintätila		•	•	•	(- <sup>1)</sup> )		
4 Laattaperustus		(•)	•		•		• <sup>3)</sup>
5 Laattaperustus, kevennysperustus				(•)		•	
6 Pilari-palkkiperustus ja kantava alapohja, ryömintätila		•			• • <sup>1)</sup>		
7 Paaluperustus ja kantava alapohja, maata vasten valettu					• <sup>2)</sup>	•	•
8 Paaluperustus ja kantava alapohja, ryömintätila					• <sup>2)</sup>		•

1) Massanvaihto, jos pohjavesi on kaivutason lähellä tai sen alapuolella

2) Paaluperustuksena, jos pohjavesi on lähellä maanpintaa

3) Paaluperustuksena

### **2.3.1 Anturaperustus**

Anturaperustukset voivat olla tyypiltään joko perusmuuri- tai pilarianturoita. Maanvaraisten anturoiden leveys mitoitetaan yläpuolisten kuormien ja perustamistason alapuolelle olevan maan kantavuuden mukaan. Maanvaraisten anturoiden yksityiskohtaiset perustamistasot määritetään pohjatutkimuksen perusteella. (RT 81–10486. 1992, 8.)

Perusmuurianturaperustus on omakotitaloissa yleisesti käytetty ratkaisu, joka soveltuu vähintään kohtuullisesti kantaville maapohjille. Tässä ratkaisussa tehdään ensin painoa maahan jakava ja sokkelin alustana toimiva antura. Anturan voi toteuttaa teräsbetonista joko muottiin valamalla tai anturaharkoilla. Anturan muottina voi käyttää myös sokkelimuurausta varten paikalle tuotuja harkkoja perinteisten lautamuotin sijasta. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

### **2.3.2 Laattaperustus**

Reunavahvistettu laatta sopii perustusratkaisuksi erityisesti silloin, kun maan kantokyky on heikko. Yhtenäiseksi valettu laatta jakaa rakennuksen painon koko rakennuksen kantamalle alalle, jolloin painuminen voidaan välttää. Hyvänä puolena reunavahvistetussa laattassa on myös se, että laatta muotitetaan, raudoitetaan ja valetaan kerralla. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Maanvaraista laattaperustusta on hyvä käyttää kaikilla rakennuspohjilla, joissa painumat ovat kohtuullisia ja pysyvät sallituissa rajoissa. Laattaperustus myös tasaa epätasaisia painumia, mutta ei poista kallistumariskiä, jos maa rakennuksen alla vaihtelee suuresti. Jos painumat kasvavat liian suuriksi, sitä voidaan ehkäistä kevennetyn täytteen, esikuormituksen tai massanvaihdon avulla. (RT 81–10486. 1992, 8.)

### 2.3.3 Heikosti kantava maaperä

Painuvalle maaperälle voidaan perustukset joutua paaluttamaan. Tähän ratkaisuun joudutaan runsaassa 10 %:ssa hankkeista. Tilanne tulee usein eteen erityisesti kaupunkien tiuhaan rakennetuilla kaava-alueilla tai alueilla, joissa kantava maakerros on yli viidessä metrissä. Maaperän kantavuutta vahvistetaan lyömällä paalut riittävän syväälle, olosuhteiden salliessa perustuskallioon asti. Paalutuksen käyttö ehkäisee painumien, siirtymien ja kiertymien syntyä. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

Vaihtoehtona paalutukselle on massanvaihto, jossa maata poistetaan talon alta yhtä paljon kuin tuleva rakennus ja täyteaine yhteensä painavat, jolloin maaperän kohdistuva paino ei kasva lainkaan ja painumiselta vältytään. Täyteaineena käytetään yleensä kevytsoraa, joka toimii samalla roudaneristeenä. (Rakennustutkimus RTS Oy. 2012, linkit Omakotirakentaja → Perustukset ja alapohja → Perustuksen valinta.)

### 3 PERUSTUSTÖIDEN TOTEUTUS OULUN KUNNOSSAPITOVARIKON TYÖMAALLA

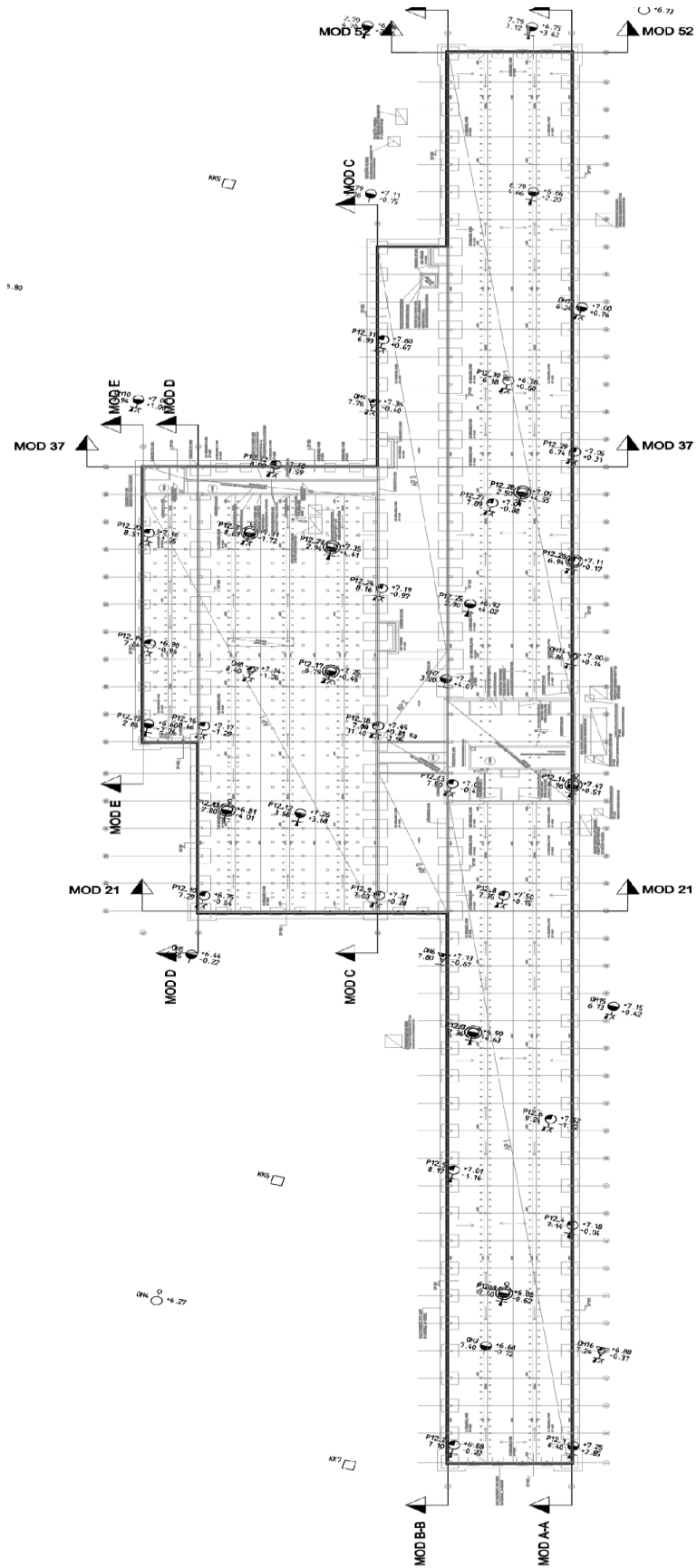
VR-Yhtymän hallituksen päätöksestä Ouluun rakennetaan uusi vetureiden ja matkustajajunien kunnossapitovarikko. Rakentaminen aloitettiin maansiirtotöillä kesällä 2012 ja käyttöön varikko on tarkoitus saada jouluna 2013. Hanke koostuu kolmesta erillisestä rakennuksesta. Suurin yksittäinen rakennus on juna- ja huoltohalli, jonka maksimipituus on 334 metriä ja leveys 77 metriä. Lisäksi alueelle rakennetaan pesuhalli ja sorvihallin jatke. Uusien rakennusten yhteispinta-ala on noin 17 500 m<sup>2</sup>. Hankkeen kokonaiskustannusarvio on noin 43 miljoonaa euroa. (VR-Yhtymä Oy. 2010, linkit VR Group tiedottaa → VR Group rakentaa Ouluun uuden varikon.)

Uuteen junahalliin mahtuu yhtä aikaa neljä Pendolino-junaa tai kaksi 12 matkustajavaunun junaa. Lisäksi huoltohalliin mahtuu 9 veturia tai vaunua. Halleissa pystytään tekemään kaikki mahdolliset huollot ja korjaukset vetureille ja matkustajavaunuille. Suuri osa matkustajajunien siivouksesta, vesityksestä, jätevesitankkien tyhjennyksestä sekä catering-toiminnoista tehdään jatkossa varikon sisätiloissa. Uusissa halleissa kalustoa voidaan myös sulattaa. (VR-Yhtymä Oy. 2010, linkit VR Group tiedottaa → VR Group rakentaa Ouluun uuden varikon.)

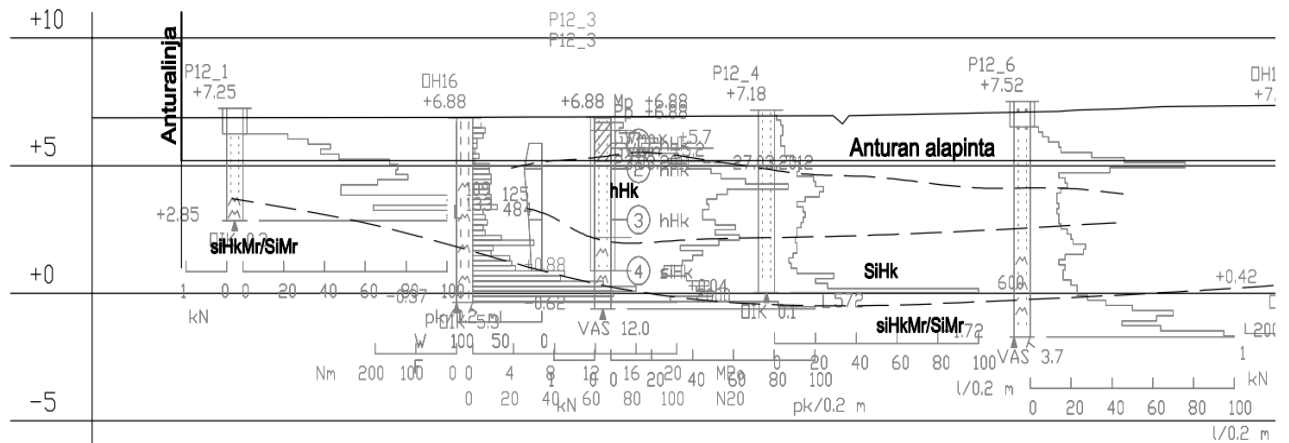
Oulun kunnossapitovarikon työmaa sijaitsee Nokelan ratapihalla, jonne rakennetaan junien huoltohalli. Alue oli pitkään rautatiekäytössä ja se oli pääosin päällystämätöntä maaperää. Huoltohalli hankkeessa toimii useita urakoitsijoita. Pääurakoitsijana hankkeessa toimi Graniittirakennus Kallio Oy, jolle kuului junahallin maanrakennusurakka. Rakentamisaika maanrakennusurakalle oli kesäkuun alusta lokakuun loppuun vuonna 2012. (VR-Yhtymä Oy. 2010, linkit VR Group tiedottaa → VR Group rakentaa Ouluun uuden varikon.)

### 3.1 Pohjatutkimukset työmaalla

Oulun kunnossapitovarikon huoltohalliurakan pohjatutkimukset aloitettiin kairustöillä. Luotettavien tulosten takaamiseksi kairauspisteitä porattiin riittävän tiheästi koko työmaa-alueelle sekä käytettiin useita eri kairausmenetelmiä. (Kuva 1.) Kairauksista saatujen tulosten ja näytteiden perusteella pystyttiin toteamaan alueen maalajit ja maakerrokset (kuva 2). Pohjatutkimuksesta saatujen tulosten perusteella maaperän todettiin olevan enemmän silttistä hiekkaa kuin moreenimaalajeja, mikä tarkoittaa maaperän kantavuuden olevan heikkoa. Lisäksi alueen tiedettiin olevan vanhaa merenpohjaa, josta ei pohjatutkimuksissaakaan suuria kallioesiintymiä löytynyt. Näistä tekijöistä johtuen huoltohalli päätettiin perustaa maanvaraisesti murskearinan välityksellä häiriintymättömään pohjamaahan.



KUVA 1. Junahallin pohjatutkimuskartta



KUVA 2. Kairausdiagrammi

### 3.2 Pohjatyöt ja kaivannot

Oulun kunnossapitovarikon alueella suoritettiin pohjatutkimuksen ohella myös maaperän pilaantuneisuustutkimuksia, joissa havaittiin alueella esiintyvän pilaantuneita maa-aineksia. Pilaantuneet maa-ainekset toimitettiin maankaivutöiden yhteydessä ympäristöluvan omaaville jäteasemille asianmukaista jatkokesittelyä varten.

Huoltohallin työmaalla kaivannot suoritettiin pääosin luiskattuina kaltevuudessa 1:2 tai loivemmin. Pohjavedenpinnan yläpuolella tai tiiviissä moreenissa luiskakaltevuudeksi riitti 1:1,5. Kaivantoja varten pääurakoitsija laati työsuunnitelman, josta ilmenivät kaivettavien kohteiden sijainti sekä käytettävät kaivantotyytit. Kaivannot työmaalla aloitettiin vanhojen kiskojen, pölkkyjen sekä pintamaiden poistamisella alueelta. Kaivantoja jatkettiin siten, että perustusten kohdalla riittävä kaivussyvyys oli vähintään 500 mm anturan alapinnan alapuolelle. Työskentely suunniteltiin siten, että suojakangas ja 500 mm:n täyttömurske saatiin levitettyä mahdollisimman nopeasti kaivun perään. Täyttömurske tiivistettiin huolellisesti kerroksittain täryttimen avulla, minkä jälkeen suoritettiin kuormituskokeita riittävän kantavuuden toteamiseksi. (Kuva 3.)





*KUVA 3. Täyttömurske täryttämisen jälkeen*

Lisäksi työmaalla tehtiin kolme tuettua kaivantoa, joissa käytettiin ponttiseiniä. Ponttiseinät asennettiin täryttimellä tarvittavaan syvyyteen. Seinät tuettiin hitsaamalla teräspalkit ponttiseinien sisäpuolelle estämään täyttömaata painamasta ponttiseiniä kasaan. (Kuva 4.)



*KUVA 4. Ponttiseinät tuettuina teräspalkeilla sekä pohjalle valettu painolaatta*

### 3.3 Pohjaveden alentaminen

Kaivantojen yhteydessä ennen suojakankaan ja täyttömaan levitystä pumpattiin kaivannon pohjalta ylimääräiset pohjavedet pois estämään pohjamaan häiriintymistä. Tontin matalimmilla kaivuosuuksilla jouduttiin suorittamaan pohjaveden alennus. Pohjaveden alennus tapahtui pääosin siten, että kaivettavan alueen ympärille upotettiin vesihuhtelulla imukärkiä kahden metrin välein. Imukärkien suodatinosa asennettiin noin kolme metriä kaivutason alapuolelle vettä johtavaan kerrokseen. Imukärkien nousuputket yhdistettiin liitosletkuilla runkoputkeen, joka taas liitettiin imupumppuun. Imupumppu koostuu alipainepumpusta ja veden poistavasta vesipumpusta. (Kuva 5.)



*KUVA 5. Imukärkien nousuputket liitettynä runkoputkeen, joka on liitetty imupumppuun*



### 3.4 Perustukset

Oulun kunnossapitovarikon huoltohalli perustettiin maanvaraisesti pilarianturoiden varaan. Syvissä kohteissa käytettiin maanvaraista pohjalaattaa. Tontille valettiin 157 pilarianturaa sekä 10 erikokoista pohja- tai painolaattaa. Kaikki betonivalut toteutettiin paikallaan valamalla.

#### 3.4.1 Muottityöt

Kohteen pilarianturat toteutettiin pääsääntöisesti kasettimuoteilla. Muottipaloja oli useita erikokoisia, minkä ansiosta pystyttiin helposti muottipaloja vaihtamalla kasaamaan erikokoisia anturatyyppejä. Kasettimuottityöt aloitettiin muottien siirtämisellä pyöräkoneella mittamiehen osoittamiin paikkoihin. Tämän jälkeen muotit öljyttiin ja asennettiin määrätuille paikoille. (Kuva 6.) Kaiken kaikkiaan kasettimuoteilla työskentely oli helppoa ja nopeaa, koska samoja muotteja pystyttiin käyttämään uudelleen heti betonivalun kuivuttua. Työmaalla kasattiin yhteensä 157 pilarianturamuottia, joista 132 pilarianturamuottia toteutettiin käyttämällä kasettimuotteja. Perustustöiden aikana muottineliöitä kasettimuotteja käytettäessä kertyi noin 1 600 m<sup>2</sup>. Kasettimuottien pelkät vuokratustannukset arvioitiin karkeasti olevan reilu 30 000 € koko urakan ajalta.



*KUVA 6. Kasettimuotti palasista koottu pilarianturamuotti*

Kasettimuottien ohella työmaalla käytettiin kappaletavaraa muottien rakentamisessa (kuva 7). Kappaletavarasta rakentaminen mahdollisti juuri oikean kokoisien muottien rakentamisen. Kappaletavarasta muottien kokoamiseen ja asentamiseen meni kuitenkin enemmän aikaa kuin kasettimuotteilla tehtäessä, eikä kappaletavarasta valmistettuja muotteja pystytty käyttämään enää uudestaan purkamisen jälkeen. Kappaletavaraa jouduttiin käyttämään pienimpien pilarianturamuottien kokoamisessa, koska kasettimuottipalasia ei ole saatavana tarvittavan kokoisina. Lisäksi kappaletavarasta koottiin kaikki pohja- ja painolaatta-muotit juuri sen joustavan rakentamisen vuoksi. Muottineliöitä urakan aikana kappaletavarasta rakennettiin yhteensä noin 170 m<sup>2</sup>. Kappaletavaran kokonaiskustannukset arvioitiin karkeasti olevan noin 10 000 € koko urakan ajalta.



*KUVA 7. Kappaletavarasta rakennettu pilarianturamuotti*



### 3.4.2 Raudoitustyöt

Raudoitustyöt tehtiin aina rakennesuunnitelmien mukaisesti. Raudoituksissa käytettiin 8 – 32 mm paksuja rautatankoja. Raudoituskehikot pyrittiin rakentamaan etukäteen valmiiksi, minkä jälkeen raudoituskehikot asennettiin kokonaisuina muottien sisälle. Raudoituskehikkojen asennuksen jälkeen sen päälle rakennettiin puukehikko, jonka avulla pulttiryhmä pystytettiin asentamaan tukevasti oikeaan kohtaan. Puukehikon lisäksi pulttiryhmän paikallaan pysyminen betoni-valun aikana varmistettiin hitsaamalla se raudoitukseen kiinni. (Kuva 8.)



*KUVA 8. Pilarianturan raudoitus*



### 3.4.3 Betonointi

Betonointi suoritettiin aina suunniteltujen betonin lujuusluokkien mukaisesti, jotta anturat täyttäisivät niille asetetut lujuusvaatimukset. Betonivalussa käytettiin pumppuautoa, jonka avulla betonimassa levitettiin muottien pohjalle tasaisesti kerroksittain. Jokaisen valukerroksen yhteydessä käytettiin betoninlevitykseen apuna sauvatäryntä, jonka tehtävänä oli varmistaa valumassan riittävä tiivistyminen muotin sisällä. (Kuva 9.) Pilarianturoiden valamisen jälkeen mittamies varmisti pulttiryhmän pysyneen paikallaan valun ajan, minkä jälkeen anturan yläpinta tasoitettiin.



*KUVA 9. Betonivalun vibraus käynnissä*

### 3.5 Salaojat

Huoltohallin salaojakaivot ja –putket asennettiin tarkasti suunnitelmissa osoitetuihin sijanteihin ja korkeusasemiin. Salaojakaivot tehtiin 600 mm betonirenkaisista, jonka pohja asennettiin 300 mm paksuun tiivistettyyn murskeen varaan. Kaikkiin kaivoihin tehtiin vähintään 200 mm syvä lietepesä. Salaojaputket kaivettiin tarkasti suunnitelmissa määrättyihin korkoihin, minkä jälkeen putket liitettiin huolellisesti salaojakaivoihin. (Kuva 10.) Salaojaputkien alkutäyttö toteutettiin käsityönä, jolloin putken päälle lapioidiin varovasti vähintään 200 mm paksu murskekerros. Ennen lopullista täyttöä tarkistettiin putkien liitokset sekä varmistettiin salaojakaivojen ja –putkien sijainti ja korkeusasemat tarkemittauksella.



*KUVA 10. Salaojakaivo ja -putkisto*

## 4 LAADUNVARMISTUS

Laatusuunnitelman tarkoituksena on aikaansaada projektille hallittu, laadukas ja yhdenmukainen toiminta. Se kertoo tilaajalle sekä kaikille urakassa työskenteleville henkilöille, mikä on urakan toimintamalli. Urakan toimintatapa perustuu Graniittirakennus Kallio Oy:n laatujärjestelmään, joka on kaksitasoinen: yritystaso ja projektitaso. Järjestelmä perustuu toiminnan monimuotoisuuteen ja nopeasti muuttuvien projektikohtaisten vaihtelevien tilanteiden huomioimiseen. Laatujärjestelmä on luotu projekteittain sovellettavaksi. Laatujärjestelmän noudattamista työmaalla vastaa laatupäällikkö yhdessä työmaan laativastaavan kanssa. Jokainen työntekijä on omalta osaltaan sitoutunut noudattamaan hänelle laatujärjestelmän käyttöön asetettuja ohjeita. (Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012.)

Urakan toteutuksessa noudatetaan tilaajan sopimusasiakirjoissa asettamia sekä kutakin työvaihetta varten tehtävien työsuunnitelmien ja laatu- ja laadunvalvontasuunnitelmien vaatimuksia (liite 1). Lisäksi työtä ohjaa lainsäädäntö. Toiminta- ja laatusuunnitelma liitteineen sisältävät rakennesuunnittelun vaatimat erityispiirteet sekä takuuajan toiminnan kuvauksen sekä lisäksi selvityksen tarjouksen antajasta, turvallisuusasiakirjaan ja ympäristösuojeluun kuuluvat asiat (liite 2). Laatusuunnitelmassa kerrotaan yksiselitteisesti työaikaisen laadunvalvonnan ja ohjauksen hoitaminen siten, että työ tulee kerralla oikein tehdyksi tehokkaasti ja taloudellisesti (liite 3). Suunnitelmissa esitetään työn toteuttaminen työvaiheittain sekä työvaiheessa edellytettävät laadunvarmistustoimenpiteet. (Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012.)

Urakan laadunvarmistus suunnitellaan taulukkomuotoon merkitsemällä lomakkeelle työvaiheet, jotka täytyy erikseen suunnitella. Lomakkeen osoittamien työvaiheiden suunnittelu voidaan siten huomioida aikataulullisesti. Samanlaisella lomakkeella esitetään myös turvallisuussuunnittelun tarve. Lähtökohtana laadunvarmistussuunnitelmalla on toimia muistilistana laadittavista suunnitelmista. Työvaiheen laadunvarmistussuunnitelma mittaus- ja laadunvarmistustoimenpiteineen esitetään taulukkomuodossa aina työvaihekohtaisen toimintasuunnitel-



man yhteydessä, koska laadunvarmistus kuuluu saumattomasti yhteen työsuorituksen kanssa. (Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012.)

Mittauksia tehdään työvaiheista, jotka vaikuttavat tuotteen loppulaatuun (liite 4). Mittauksia voi suorittaa työnsuorittaja, mittatyönjohtaja tai aliurakoitsija. Tarvittaessa voidaan sopia, että suoritettavista kelpoisuusmittauksista ilmoitetaan tarvittaessa etukäteen tilaajan valvojalle, jotta hän voi halutessaan olla läsnä mittauksia suoritettaessa. (Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012.)

Kaikkien urakassa käytettävien materiaalien ja tuotteiden tulee täyttää tilaajan ja suunnittelijan antamat laatuvaatimukset. Materiaalien kelpoisuus osoitetaan valmistajan/toimittajan tuottamin laaturaportein, aine todistuksin tai pakkauksiin, kuormakirjoihin ja tuotteisiin tehtyjen merkintöjen avulla tai työnaikana tehtävin materiaalitutkimuksin. Kun tilatut tuotteet tai materiaalit saapuvat työmaalle, työnjohtaja tarkastaa niiden määrän ja laadun. Jos ne eivät vastaa tilausta tai ovat epäkelpoja, tehdään toimittajalle reklamaatio ja tuotteet palautetaan. Mikäli niissä on vain vähäisiä puutteita, neuvotellaan tilaajan kanssa erikseen niiden käytöstä. (Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012.)

## 5 MUOTTITEKNIIKAN VALINTA PERUSTUSTÖISSÄ

Työmaalle valetun betonipinnan ulkonäköön ja laatuun vaikuttavat betonin laadun ja oikean työsuorituksen lisäksi oleellisesti käytettyjen muottimateriaalien sekä muottirakenteen lujuus ja tiiviys. Muotin mittojen pitää olla oikeita. Muotin on myös oltava riittävän luja ja tarpeeksi hyvin tuettu, ettei se betonimassan aiheuttaman valupaineen takia muuta muotoaan. Muotin on myös oltava tiivis, jottei betonin sementtiliima puserru muotin saumoista ulos heikentäen rakenteen lujuutta ja betonipinnan ulkonäköä. (Betoniteollisuus Ry. 2012, linkit Paikalkaanvalurakentaminen → Betonityöt → Muottityö.)

### 5.1 Kasettimuotit

Suurimmat edut kasettimuotteja käytettäessä ovat isojen muottitöiden toteuttaminen nopeasti lyhyessä aikataulussa sekä mahdollisuus käyttää muottipaloja uudelleen heti purkamisen jälkeen, mikä nopeuttaa urakan valmistumista huomattavasti. Kasettimuottipaloja on saatavana erikokoja aina 30 cm:stä 270 cm:iin saakka. Useat kokovaihtoehdot mahdollistavat erimuotoisten muottien kasaamisen. Kasettimuotit on valmistettu teräskehikosta ja erikoisvanerista, mitkä takaavat muotin kestävyuden kovassakin käytössä. (Niskanen 2012.)

Haittapuolena kasettimuoteissa on niiden suhteellisen korkeaksi muodostuva vuokrahinta, joka koostuu muottipalojen lisäksi kokoamiseen tarvittavien lukkojen ja tukipilareiden vuokrauksesta. Vuokrahinnan ohella lisäkustannuksia kertyy yleensä jokaisen urakan aikana työmaalle hajoavista tai katoavista muottitarvikkeista. Kasettimuotin runko on valmistettu kestäväksi kovaa käyttöä, mutta samalla se on hyvin painava, minkä vuoksi muottien liikuttelua ja kasaamista varten on käytettävä apuna joko pyöräkonetta tai nosturia. Lisäksi muottipalojen rajallinen kokovalikoima voi aiheuttaa rajoitteita esimerkiksi rakennettaessa muottipaloista pieniä tai erikoisen muotoisia muotteja. (Niskanen 2012.)

## 5.2 Kappaletavaramuotit

Kappaletavarasta pystytään rakentamaan melkein minkä tahansa kokoisia ja muotoisia muotteja. Kappaletavaran ehdottomasti suurin etu on sen todella vähäiset rajoitteet rakennettavan muotin muodoissa. Kappaletavaramuotit pystytään kokoamaan mihin vain ja ne ovat yleensä kevyitä, joten niiden liikuttelu työmaalla on helpompaa kuin esimerkiksi kasettimuottien. (Niskanen 2012.)

Kappaletavarasta rakennettujen muottien heikkouksia ovat hidas pystytys sekä heikompi kestävyys erityisesti rakennettaessa korkeita muotteja. Lisäksi kappaletavaramuotteja ei monissa tapauksissa voida käyttää uudelleen valun jälkeen. Muotit joudutaan usein hajottamaan palasiksi purkamisvaiheessa mikä tarkoittaa, että jokainen muotti on rakennettava aina erikseen. (Niskanen 2012.)

## 5.3 Muottitekniikan valinta

Muottitekniikan valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat kustannukset, työmaan koko, aikataulut sekä muotin muoto ja lujuusominaisuudet. Perinteisesti varsinkin pientaloissa perustukset on toteutettu kappaletavarasta, mutta kappaletavaramuotin rakentaminen ja valun jälkeinen purku vaativat melkoisen paljon työtä. Siksi hyvän vaihtoehdon perustusten rakentamiseen tuovat vuokrattavat kasettimuotit, joiden käyttäminen erityisesti isoissa kohteissa on järkevää niiden nopean pystytyksen ja kestävyuden myötä. (Betoniteollisuus Ry. 2012, linkit Paikallaanvalurakentaminen → Betonityöt → Muottityö; Niskanen 2012.)

Kustannuksien puolesta kasettimuottien vuokrahinta on selvästi kalliimpi kuin kappaletavaran materiaalien hankinta hinta. Vaikka kasettimuottien vuokrahinta onkin suurempi kuin kappaletavaran hankintahinta, pystytään se säästämään isoissa urakoissa pitemmällä aikavälillä työtunneissa, joita säästetään huomattavasti kasettimuottien nopeamman rakentamisen ja purkamisen myötä. Lisäksi kappaletavaramuotteja ei voida käyttää isoissa tai erityisesti korkeissa valuissa, koska betonimassa aiheuttama paine kappaletavaramuotille on niin suuri, etteivät kappaletavaramuotin lujuusominaisuudet yksinkertaisesti kestä niin suurta painetta. (Niskanen 2012.)

Kappaletavaran käyttäminen perustustöissä on järkevää ja tehokkainta silloin, kun muotit ovat pieniä, erikoismuotoisia tai rakennettavia muottineliöitä on suhteellisen vähän. Kasettimuottien käyttäminen tulee ajankohtaiseksi, jos työmaalle rakennettavia muottineliöitä on paljon tai muoteilta vaaditaan parempia lujuusominaisuuksia. (Niskanen 2012.)

Tärkeintä perustustöiden muottitekniikan valinnassa on tarkat suunnitelmat ja tiedot siitä, millaisia muotteja rakennetaan ja kuinka paljon. Näin voidaan varmistaa, että valittu muottitekniikka soveltuu niin kustannusten, ominaisuuksien kuin aikataulunkin puolesta kyseiselle työmaalle. (Niskanen 2012.)

## 6 POHDINTA

Perustuksen tehtävänä on siirtää rakenteista aiheutuvat kuormitukset maapohjalle ja estää rakennuksen haitallinen painuma. Opinnäytetyön tavoitteena oli kuvata mahdollisimman hyvin perustustöiden toteutusmalli. Hankkeena työssä toimi Oulun kunnossapitovarikon huoltohalliurakka. Työmaa sijaitsee Nokelan ratapihalla, jonne rakennetaan junien huoltohalli. Pääurakoitsijana huoltohalli-hankkeessa toimi Graniittirakennus Kallio Oy, ja tilaajana oli VR-Yhtymä Oy.

Onnistuneiden perustustöiden taustalla olivat yrityksen tarkasti tehdyt suunnitelmat, asianmukainen kalusto, materiaali sekä osaavat rakentajat. Opinnäytetyön kohdetyömaalla oli käytössä useita jalka- ja kirvesmiehiä sekä kuorma-autoja ja kaivinkoneita, minkä ansiosta eri työvaiheita pystyttiin toteuttamaan synkronoidusti yhtä aikaa ja riittävällä nopeudella.

Urakka onnistui hyvin niin aikataulun kuin laadunvarmistamisenkin osalta, vaikka alueen maaperässä ilmeni kaivutöiden yhteydessä pieniä yllätyksiä. Aivan kaivantojen alussa maaperästä löytyi arvioitua enemmän pilaantuneita maa-aineksia. Sen seurauksena pilaantuneet maa-ainekset jouduttiin kuljettamaan ympäristöluvan omaaville jäteasemille suuremmalla kalustolla kuin alkuperäisissä suunnitelmissa oli laskettu. Toinen ongelma ilmeni syvissä kaivuukohdissa, kun maaperä pääsi häiriintymään sen verran pahasti, että savimaita jouduttiin vaihtamaan paljon suunniteltua enemmän. Näistä johtuneita aikataulun myöhästymisiä saatiin kuitenkin kirittyä kiinni hankkimalla työmaalle lisää kuljetuskalustoa maanajoa varten. Lisäksi valutöissä käytetyt kasettimuotit nopeuttivat työmaan edistymistä niiden uudelleenkäyttömahdollisuutensa ansiosta.

Opinnäytetyön toisena tavoitteena oli kuvata perustustöiden eri työvaiheet sekä luoda selkeä malli perustustöiden toteutuksesta työmaalla. Pyrin työssäni kuvaamaan selkeästi ja käytännönläheisesti perustustöiden toteutuksen sekä luomaan muistilistan perustustöiden suoritusvaiheista. (Liite 5.) Sain luotua perustustöistä sellaisen mallin, jotta voidaan jatkossa käyttää työmailla apuvälineenä perustöiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry. 2012. Saatavissa: <http://www.betoni.com/>. Hakupäivä 1.10.2012.

InfraRYL. 2010. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustieto Oy.

Marxvelt Oy. 2012. Saatavissa: <http://abcrakennus.fi/>. Hakupäivä 1.8.2012.

Niskanen, Ari. 2012. Vastaavamestari, Graniittirakennus Kallio Oy. Haastattelu.

PVA-Palvelu Oy. 2012. Saatavissa: <http://www.pva-palvelu.fi/>. Hakupäivä 20.8.2012.

Rakennepiirustukset. 2012. VR, Oulun huoltohallit.

Rakennustutkimus RTS Oy. 2012. Saatavissa: <http://www.suomirakentaa.fi/>. Hakupäivä 1.8.2012.

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Talonrakennuksen maatyöt. 2010. MaaRYL. Rakennustieto Oy.

RT 81–10486. 1992. Pientalon perustamistavan valinta. Rakennustieto Oy.

Urakan toiminta- ja laatusuunnitelma. 2012. Graniittirakennus Kallio Oy.

VR-Yhtymä Oy. 2010. Saatavissa: <http://www.vrgroup.fi/>. Hakupäivä 30.7.2012.

## **LIITTEET**

Liite 1 Työkohtaiset laatusuunnitelmat: Betonointi

Liite 2 Työkohtaiset laatusuunnitelmat: Salaojat ja kaivannot

Liite 3 Työkohtaiset laatusuunnitelmat: Maatäytöt

Liite 4 Työmaan tarkekuvat

Liite 5 Muistilista perustustöiden suoritusvaiheista

## Muistilista perustustöiden suoritusvaiheista

### *Pohjatyöt ja kaivannot*

#### Poistettavat pintamaat:

- Putkien, johtojen ja kaapeleiden sijainti selvitetty.
- Alue on mitattu ja merkitty maastoon.
- Pintamaat, kannot, kivet ja aluskasvillisuus poistetaan suunnitelma-asiakirjoissa osoitetuilta alueilta.
- Veden poistuminen pintamaan poistoalueelta varmistetaan suunnitelmien mukaisesti.

#### Kaivannon tukirakenteet:

- Tukemistarve, -menetelmä ja -materiaalit esitetään suunnitelma-asiakirjoissa.
- Selvitetään maanalaiset johdot yms.
- Maan värähtelyä aiheuttavien koneiden vaikutus otettava huomioon.
- Ponttiseinien paikat mitataan maastoon.
- Pontit lyödään suunniteltuun syvyyteen tiiviiseen maakerrokseen tai kallionpinnan tasoon.

#### Anturoiden alustäytöt:

- Tarkistetaan ettei pohjamaa ole häiriintynyt ja asennetaan suodatinkangas kaivantoon.
- Maa-kerros levitetään anturakaivantoon siten ettei lajittumista tapahdu eikä suodatinkangas repeä.
- Tasataan maakerros ja tiivistetään yhdessä kerroksessa 500 kg täryjyrällä, ylityskertoja väh. 6 kpl.
- Tarkistetaan korko ja tehdään kantavuuden mittausta levykuormituskokeena.

#### Putkisalaojat:

- Rakennettava linja merkitty maastoon.
- Kanaalin kaivu / louhinta suunnitelmien mukaiseen tasoon.
- Pohjan taseus ja tarvittaessa kiilaus.
- Salaojat asennetaan suunnitelman mukaiseen kaltevuuteen ja huolehditaan, että putket ovat koko pituudeltaan alustan varassa sekä varmistetaan vesijuoksujen korkeusasemat, putkien suoruudet, liitosten tiiveys ja kaivojen pystysuoruus.
- Alkutäyttö salaojasepelistä. Täytönpaksuus putken päällä ja sivuilla  $\geq 200$  mm.
- Lopputäyttö tehdään rakennussuunnitelman mukaisilla kerrosrakenteilla painumat huomioiden.



### *Perustukset*

#### Muottityöt:

- Muottityö, työsaumat, muottikierto ja muottimateriaalien purku ja puhdistus suunniteltu.
- Muottien ja -materiaalien rakenteellinen mitoitus, kestävyys ja laatu on suunnitelmien mukaista.
- Varmistetaan, että maa on kantavaa, mikäli maata käytetään muottina.
- Muotit mitoitetaan ja kootaan siten, että rakenteille asetetut sijainti- ja rakentamisentoleranssit täytetään suunnitelmien mukaisesti.
- Muottipintojen pintakäsittelyssä käytetään sellaisia aineita, että betonipinnoille asetetut vaatimukset täyttyvät.
- Muottien kantavat osat voidaan, purkaa kun betoniin lujuus on suunnitelma-asiakirjojen mukainen.

#### Rauditus:

- Raudotteet tarkistetaan, että tarvittavat kotelot, läpimenot ja putkitukset on asennettu.
- Materiaalitodistukset teräksistä on saatu materiaaloimittajilta.
- Raudoitukset tehdään raudoitussuunnitelmien mukaisesti siten, että sijainti ja betonin suojaetäisyys toteutuvat.
- Raudoitukset tuetaan muotteihin välikkeiden tai työraudoituksen avulla. Maata vasten betonoitaessa käytetään välikkeitä, jotka eivät painu maan sisälle.
- Hitsiliitosten tekemisessä käytetään vaatimusluokan pätevyyden omaavaa hitsaajaa.

#### Betonointi:

- Betonointisuunnitelma on tehty.
- Materiaalitodistus betoniin laadusta on saatu toimittajalta.
- Betonoinnista laaditaan betonointipöytäkirja.
- Betonointi tehdään suunnitelmien mukaisesti siten, että betoni täyttää muotit tarkkaan ja ympäröi raudituksen.
- Betonivalun aikana tarkkaillaan raudoitteen paikallaan pysymistä.
- Betonin jälkihoito tehdään suunnitelmien mukaisesti
- Lujuuden kehittymistä seurataan tarvittaessa aika-lämpötilamittauksin.