

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikka

2010

Tomi Veräjänkorva

PAALUTUSTYÖN JOHTAMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma | Tuotantotekniikka

11.5.2010 | 41 sivua

Työn ohjaaja: Jouko Lehtonen

Tomi Veräjänkorva

PAALUTUSTYÖN JOHTAMINEN

Tässä insinööriyössä tutkittiin paalutustyön johtamista ja sen suorittamista. Tutkimuksessa keskityttiin lyönti- ja porapaalutusmenetelmiin.

Tutkimus toteutettiin, jotta Turun Siirtomurske Oy:n tulevat työnjohtajat saisivat lisätietoa paalutustyön johtamisesta. Tavoitteena oli tuottaa raportti, joka kuvailisi paalutustyön johtamista ja siihen liittyviä asioita sekä paalutustyön yleistä etenemisprosessia.

Tutkimus suoritettiin hyödyntämällä rakennusalan julkaisuja. Lisäksi tutustuttiin erilliseen työmaahan ja sen suunnitelma-asiakirjoihin sekä kustannuslaskelmiin. Tutkimuksessa haastateltiin myös paalutustyössä vuosia mukana olleita työnjohtajia.

Tutkimuksen tuloksena tuotettiin tämä insinööriyö, joka kuvaa kokonaisvaltaisesti ja yksityiskohtaisesti paalutustyön johtamista. Tätä raporttia hyödyntäessään tulevillakin työnjohtajilla on hyvät mahdollisuudet onnistua työssään erinomaisesti.

ASIASANAT:

(paalutus, pohjarakennus, paalut, perustukset)

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Production Management

May 2010 | 41 pages

Instructor: Principal Jouko Lehtonen

Tomi Veräjänkorva

PILING MANAGEMENT

Piling management and piling itself were studied with a focus on the driven and drilled piling methods.

The study was conducted to provide the future foremen at Turun Siirtomurske Oy with more information on piling management. The main goal of this study was to produce written documentation describing piling management and things involved in it and also the general progress of piling work.

The study was carried out by utilizing different publications related to the construction industry. Also the designs and cost calculations of a site were investigated. Furthermore, interviews were conducted with foremen who have years of experience on piling.

As an outcome, this report describes piling management comprehensively and precisely. This report will help the future foremen succeed on their first site.

KEYWORDS:

(piling, base construction, piles, foundations)

SISÄLTÖ

1 Johdanto	7
1.1 Tutkimuksen tausta	7
1.2 Tutkimuksen tavoite	5
1.3 Tutkimusmenetelmät	5
2 Paalutus	5
2.1 Paalutusmenetelmä	5
2.2 Lyöntipaalutus	7
2.2.1 Teräsbetonipaalut	8
2.2.2 Teräsputkipaalut	10
2.3 Porapaalutus	11
3 Työn suunnittelu	13
3.1 Paalutusta edeltävät työt	13
3.2 Paalutuskalusto	14
3.3 Apuvälineet	17
3.3.1 Apupaalu I (reikä-poika)	17
3.3.2 Apupaalu II (saatto-poika)	17
3.4 Maaperä	19
3.5 Paalujen tilaus ja kuljetus	19
3.6 Paalujen säilytys	20
3.7 Paalujen asennus	21
3.8 Paalujatkot	22
3.9 Paalujen katkaisu	23
3.10 Turvallisuus	24
4 Rakentamisvaihe	25
4.1 Työn aloitus	25
4.2 Paalutus	25
4.3 Paalujen katkaisu	27
4.4 Viimeistely	27
4.5 Dokumentointi	28
5 Talvirakentaminen	29
6 Työturvallisuus ja rakennusympäristö	30
6.1 Yleistä	30
6.2 Tärinä	31

6.3 Melu	32
6.4 Päästöt	32
7 Esimerkkityömaa As Oy Pikku-Heikki	33
7.1 Pohjatutkimus	33
7.2 Kantavat rakenteet	34
7.3 Paalumäärät	34
7.3.1 Teräspalkkipaalut	34
7.3.2 Porapaalut	34
7.4 Kustannusarvio	35
7.5 Paalutus	35
7.5.1 Aikataulu	37
7.5.2 Työvaiheet	37
7.5.3 Toteutuneet paalumäärät ja kustannukset	38
7.5.4 Lisätyöt	38
7.6 Yhteenveto	38
8 Tulokset ja johtopäätökset	39
9 Yhteenveto	40
Lähteet	41

KUVAT

Kuva 1. Teräsbetonipaalu maahan lyötynä.	7
Kuva 2. Teräsbetonipaalun valmistustiedot.	8
Kuva 3. Teräsbetonipaalu.	9
Kuva 4. Teräsputkihaalun työvaiheet.	10
Kuva 5. Teräsputkihaalun eri kärkivaihtoehdot.	11
Kuva 6. Porattavan teräsputkihaalun työvaiheet.	12
Kuva 7. Porapaaalukone.	13
Kuva 8. Porapaaalukone kuljetusasennossa.	15
Kuva 9. Paaalukone lyöntiasennossa.	15
Kuva 10. Junttan PM-20.	16
Kuva 11. Apupaaalun käyttö paaalutuksessa.	18
Kuva 12. Kalliokärjellisiä teräsbetonipaaaluja (300x300mm).	19
Kuva 13. Teräsbetonipaaalun valmistustietolappu.	20
Kuva 14. Paaalujen säilytys.	21
Kuva 15. Paaalutuskone ja apumies työssään.	22
Kuva 16. Paaalujatkos.	23
Kuva 17. Paaalujatkoksen asennus.	26
Kuva 18. Paaalun mittaukset.	28
Kuva 19. Teräsputkihaalujen lyöntilaite Fampo.	36
Kuva 20. Porapaaalun hitsijatkos.	37

TAULUKOT

Taulukko 1. Kuvien ja suunnitelmien perusteella lasketut paaalumitat ja määrät.	34
Taulukko 2. Kustannusarvio.	35
Taulukko 3. Kustannukset.	38

1 Johdanto

Turun Siirtomurske Oy on Turun alueen suurimpia maarakennusurakoitsijoita. Se on perustettu vuonna 1988, ja yksi sen toimialoista on paalutus. Tällä hetkellä yrityksellä on kolme paalukonetta ja yksi teräsputkipaalujen lyöntilaite, joka asennetaan ison kaivinkoneen kauhan tilalle teräsputkipaaluja lyötäessä. Näitä paalutuslaitteita käytetään paljon asuin- ja hallirakennusten paalutuksissa.

1.1 Tutkimuksen tausta

Turun alue on suureksi osaksi pehmeää savimaata. Savimaan päälle rakennettaessa perustuksia pitää tukea, etteivät ne painu tai sorru. Tällöin paalutus on usein halvin ja paras vaihtoehto välittää rakennuksen paino kantavaan maaperään. Välillä jopa useita kymmeniä metrejä paksut savikerrokset on helppo lävistää paaluilla ja siirtää kuorma niitä pitkin tukevaan ja kovaan kallioon tai moreenikerrokseen.

Turun Siirtomurske aloitti toimintansa kiven murskauksella ja sepelin valmistuksella, josta siis nimikin juontaa, mutta 1990-luvun puolivälissä toiminta muuttui kokonaisvaltaisesti maarakennusurakoinniksi. Tällöin mukaan tulivat myös paalutustyöt. Vaikka yrityksellä on 15 vuoden kokemus paalutustyöstä, ei siitä kuitenkaan ole tehty tarkempia tutkimuksia, joissa pureuduttaisiin työmenetelmiin ja kustannusten muodostumiseen. (Muurinen 2010)

1.2 Tutkimuksen tavoite

Tämän insinööriyön tavoitteena on tutkia ja vertailla erilaisia paalutustapoja ja niiden käytännöllisyyttä tuotantovaiheessa sekä helpottaa Turun Siirtomurske Oy:n tulevien työnjohtajien tiedontarvetta paalutustyön osalta.

Työssä kuvaillaan yleisimmät paalutustavat ja niiden työmenetelmät. Lisäksi perehdytään työmaahan, jolla tarvittiin sekä teräsputkipaaluja että porapaaluja.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tämän insinööriyön tekemiseen tarvittava taustatutkimus saadaan perehtymällä alan kirjallisuuden julkaisuihin, haastattelemalla kokeneita työnjohtajia ja tuotannossa mukana olleita henkilöitä ja perehtymällä rakennuskohteiden asiakirjoihin sekä kustannuslaskelmiin.

2 Paalutus

2.1 Paalutusmenetelmä

Paalutus on pohjarakennustekniikka, jota käytetään niin perustusten vahvistamiseen kuin tukemiseenkin. Maaperän ollessa pehmeä eli kantamaton tai riittämättömän kantava saadaan se paalutuksella rakennuskelpoiseksi.

Paalutus on tekniikkana satoja vuosia vanha. Esimerkiksi Venetsian rakennukset Italiassa ovat paalutettuja. Suomessa eniten paalutusta käytetään Turun-alueella, juuri pehmeän savimaan takia. (Wikipedia 2010)

Paalutus jaetaan paalutusluokkiin III, II ja I. Paalutustyön luokkaa määritettäessä otetaan huomioon rakennuskohteen luonne, pohjatutkimusten seikkaperäisyys, paalujen laatu, paalutuskaluston ja paalutustöiden suorituksen

sekä valvonnan ja siihen liittyvien tarkastustoimenpiteiden laatu ja seikkaperäisyys.

Paalutusluokat:

- paalutusluokkaa III käytetään yleensä silloin, kun paalutuskohte on pieni, paaluille tulevat kuormat pieniä ja/tai paalutustyön suoritus ei täytä paalutusluokan II vaatimuksia
- paalutusluokkaa II käytetään yleisimmin. Sen ohjeet kattavat kaikki normaalit paalutustyöt
- paalutusluokalle I asetetaan paalutusluokkien III ja II vaatimusten lisäksi erityisehtoja, RIL 2005 mukaisesti. Lisäksi paalutusluokka I jaetaan vielä kahteen alalajiin:
 - IB, vaatimukset RIL 2005 mukaisesti
 - IA, vaatimukset harkitaan kussakin tapauksessa erikseen (RIL 2005.).

Aiemmin kaikki paalut olivat puuta, mutta nykyään käytetään eniten teräsbetoni- ja teräspuutkipaaluja. Niiden kantavuus ja kesto ovat monin kerroin puuta parempaa. Lisäksi maaperän kuivuminen, lisääntyneen rakentamisen takia, aiheuttaa puupaalujen pikaista lahoamista, joka taas vähentää niiden käyttöä.

Paalutuksen käyttö on kasvanut huomasti viimeisten vuosikymmenten aikana. Erityisesti rakentamisen leviäminen maantieteellisesti suotuisille paikoille on kasvattanut paalutuksen suosiota. Koska paalut kantavat rakenteen suoraan kovaan maaperään, ei ole väliä kuinka kantamattomalle maapohjalle rakennetaan. Lisäksi paaluteollisuuden ja paalukoneiden kehitys sekä paalutustyön nopeus ovat vauhdittaneet paaluperustusten käyttöä.

2.2 Lyöntipaalutus

Lyöntipaalutus tapahtuu paalutus koneen avulla. Kone nostaa paalun pystyyn, jonka jälkeen paalun päähän isketään raskaalla puntilla. Näin paalu vajoaa maahan, kunnes pysähtyy kovaan maaperään. Paalun pituus on maksimissaan yleensä 15 metriä, mutta sitä voidaan jatkaa jatkoliitoksilla, jotka lisätään paaluihin jo tehtaalla, valmistusvaiheessa.

Lyöntipaalut jaetaan eri alaryhmiin, joiden jaottelu perustuu paalujen kuormankantoperiaatteisiin. Eri ryhmiin kuuluvia paaluja ovat tuki-, kitka-, koheesio- ja vetopaalut, joista tukipaalut ovat Suomessa eniten käytettäviä. Ne siirtävät rakenteen massan suoraan kovaan kallioon tai tiivisrakenteiseen maakerrostumaan. (RIL 2005.)

Paalujen materiaaleina käytetään teräsbetonia (kuva 1.), terästä ja puuta.



Kuva 1. Teräsbetonipaalu maahan lyötynä

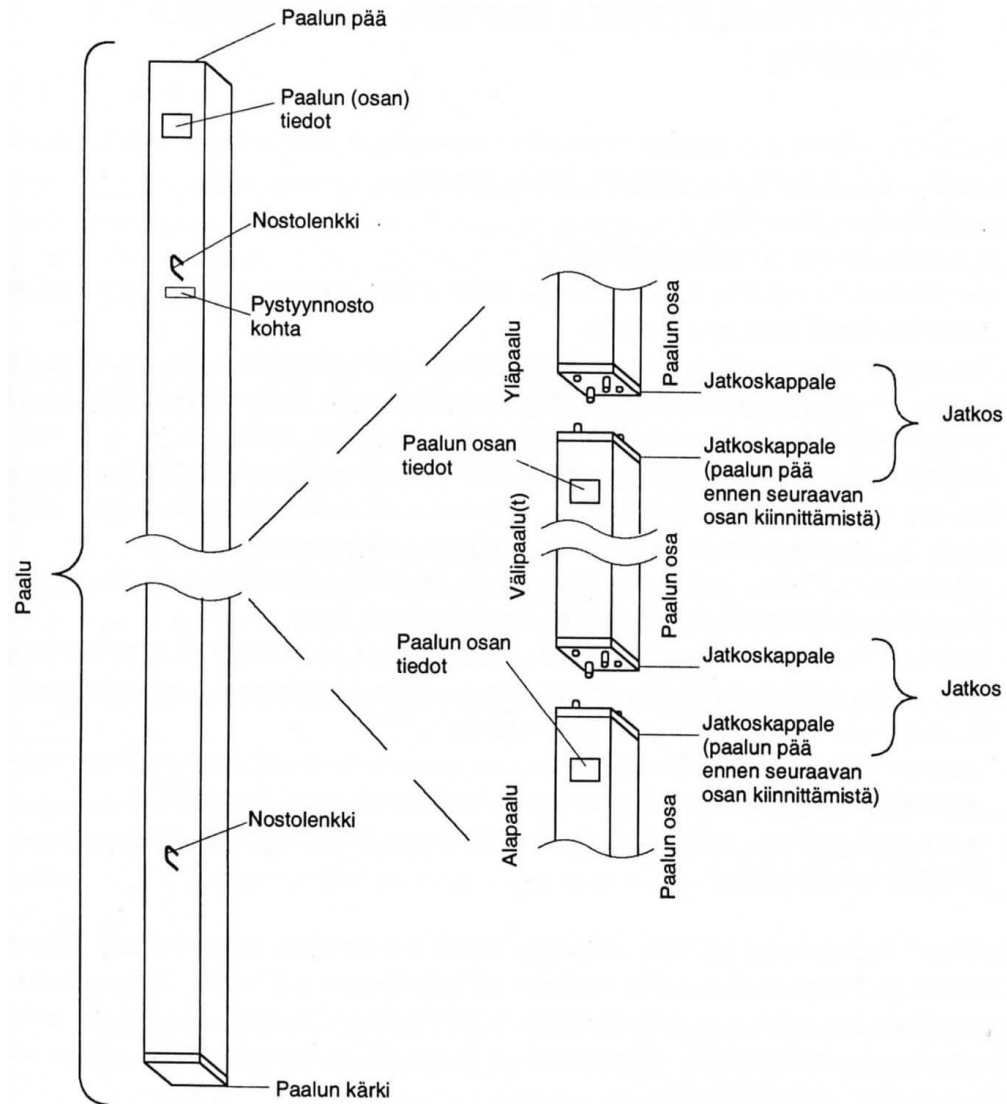
2.2.1 Teräsbetonipaalut

Teräsbetonipaalujen suunnittelussa, valmistuksessa ja itse paalutustyössä noudatetaan Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMk) määräyksiä ja ohjeita, yleistä työturvallisuutta koskevia säännöksiä sekä uutta lyöntipaalutusohjetta (LPO-2005), jonka tilalla saatetaan yhä käyttää vanhempaa lyöntipaalutusohjetta (LPO-1987). Lisäksi voidaan soveltuvin osin käyttää voimassa olevia standardeja ja ohjeita. Myös eurooppalaisten EN-Eurocode-standardien käyttäminen on sallittua, kunhan niitä koskevat kansalliset liitteet on Suomessa vahvistettu. Näistä käytettävissä olevista suunnittelua ohjaavista järjestelmistä tulee valita vain toinen, joko suomalainen tai eurooppalainen. Eri järjestelmiä ei saa yhdistellä saman kohteen lyöntipaalujen suunnitelmissa. (RIL 2005.) (kuva 2.)

Paalutusluokissa II ja III käytettävän betonin nimellislujuus on vähintään K45 (C35/45). Paalutusluokassa I ja mikäli muut syyt, kuten paalun lyönnin aikaiset jännitykset esimerkiksi kalliokärkiä käytettäessä niin vaativat, betonin nimellislujuudeksi valitaan K50 (C40/50). (RIL 2005.)



Kuva 2. Teräsbetonipaalun valmistustiedot (Rudus 2010)



Kuva 3. Teräsbetonipaalu (RIL 2005)

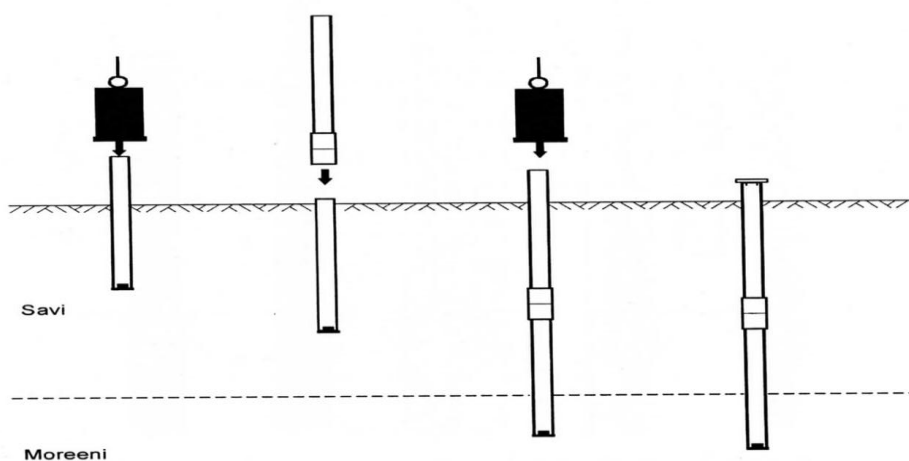
Teräsbetonipaalu:

- yleisimmät koot: 250x250, 300x300 ja 350x350mm:ä
- yhden paalun pituus yleensä 3-15 metriä
- tarvittaessa paaluja mahdollisuus jatkaa jatkoliitoksilla
- asuin- ja varastorakentamisessa usein käytetty
- lyödään maahan vain suurilla paalukoneilla.

2.2.2 Teräsputkipaalut

Teräsputkipaalu:

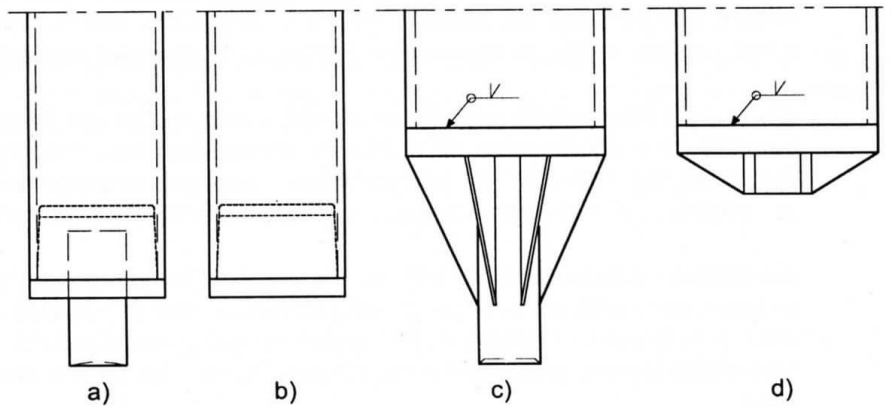
- putkimainen, teräksinen lyöntipaalu
- koot: Asuinrakentamisessa yleensä halkaisija 60-200mm, teollisuus- ja siltahankkeissa 160mm:stä ylöspäin
- paalut 6 tai 12 metrisiä, ilman jatkoa
- pienemmän koon paalut lyödään pienillä paalutuskoneilla, esim.traktorilla tai kaivinkoneella, suuremmat isoilla paalukoneilla (kuva 3.)
- paalujen kärjet kitkalla kiinnittyviä tai hitsattavia (kuva 4.).



Kuva 4. Teräsputkipaaluun työvaiheet (RIL 2007)

Pienpaaluissa käytettävien kuormia siirtävien teräsputkien materiaalit ovat standardin SFS-EN 10219-1 vaatimusten mukaisia. (RIL 2007.)

Teräsputket valmistetaan yleensä kuumavalssatusta teräsnauhasta joko pituus- tai kierresaumahitsaamalla. Myös muilla menetelmillä valmistettuja teräsputkia voidaan käyttää, kun ne täyttävät RIL 2007 asettamat vaatimukset. (RIL 2007.)



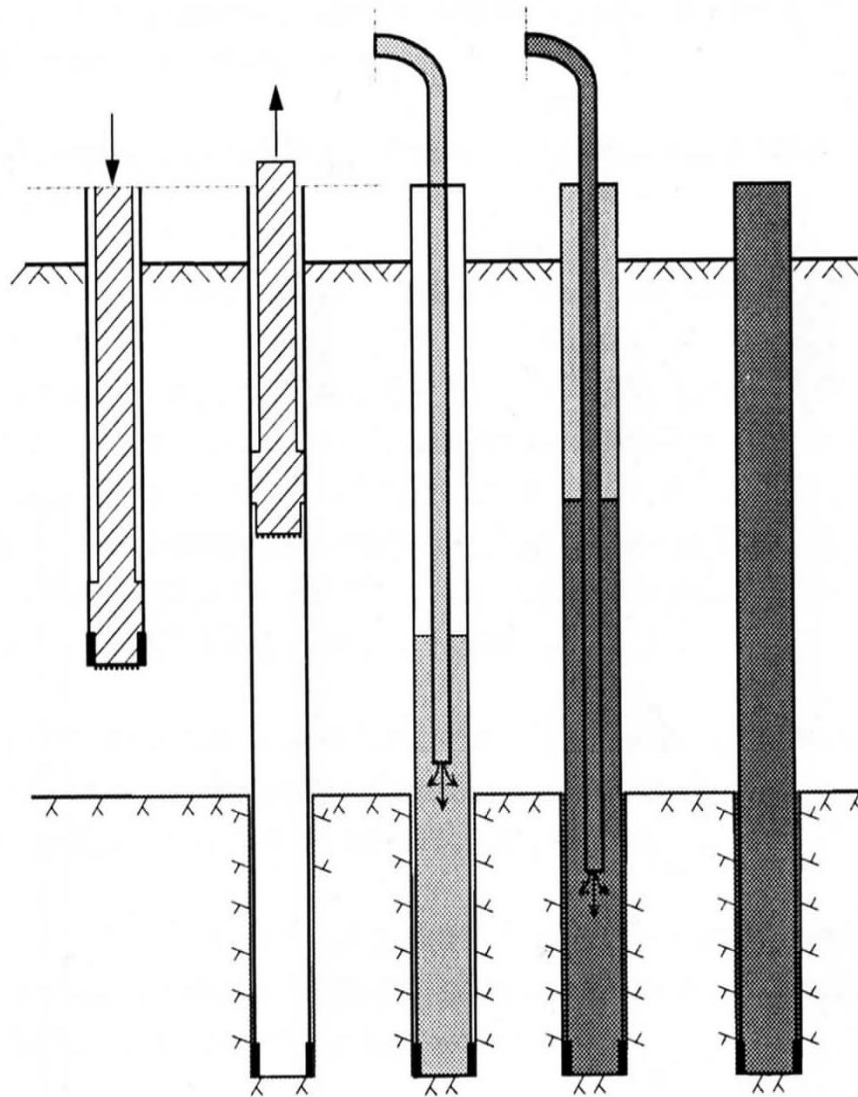
Kuva 5. Teräsputkipaalun eri kärkivaihtoehdot: (RIL 2007)

- a) Kitkalla paaluun kiinnittyvä kalliokärki
- b) Kitkalla paaluun kiinnittyvä maakärki
- c) Hitsamalla paaluun kiinnitettävä kalliokärki
- d) Hitsamalla kiinnitettävä maakärki

2.3 Porapaalutus

Porattavat teräsputkipaalut asennetaan yleensä tukipaaluiksi kallioon. Paksuseinäinen paalu toimii porausputkena porauksen aikana ja kantavana rakenteena valmiissa paalussa. (RIL 2007.)

Porapaalujen käyttö on tällä hetkellä vielä verrattain vähäistä, mutta niiden käyttö lisääntyy jatkuvasti kun rakennuspaikkojen valinta ei enää rajoitu hyvin kantaviin maapohjiin. Porapaalujen asennus tapahtuu paalukoneella (kuva 7.), aivan kuten lyöntipaalutuksessa, mutta vain pyörittämällä paalua poran tavoin samalla kun sitä moukaroidaan maahan. Paalun saavutettua kovan kallion se porataan vielä riittävän syväälle kallioon, jotta tarvittava kantavuus saavutetaan.



Kuva 6. Porattavan teräsputkipaalun työvaiheet (RIL 2007)

Porapaalut (kuva 6.) ovat ns. erikoispaaluja. Niiden käyttö rajoittuu alueelle, jossa kallion pinta on heikkoa tai se nousee/laskee jyrkästi. Näin saadaan turvattua paalun riittävä kiinnittyminen kallioon, eikä ikäviä painumia jälkeinpäin tapahdu. (RIL 2007.)



Kuva 7. Porapaalukone

3 Työn suunnittelu

3.1 Paalutusta edeltävät työt

Paalutustyön suunnittelu koostuu paalumittojen laskemisesta, aikataulun määrittämisestä ja tarvittavan kaluston sekä tarvittavien paalujen varaamisesta.

Paalujen kokonaispituudet saadaan laskettua pohjatutkijan tutkimuksen jälkeen. Tutkimus tapahtuu kairaamalla, jolloin saadaan selville maaperän laatu ja tarvittava paalun pituus. Kairaustapoja on monia, mutta käytetyimpiä ovat heijarikairaus ja painokairaus, joista heijarikairaus on suosituimpi. Sillä voidaan selvittää kovan pohjakerroksen sijainti varsin tarkasti ja lisäksi tiivistetään erilaisten maakerrosten rajat ja maakerrosten tiiviys likimäärin. Tutkimukset eivät tosin aina onnistu täydellisesti, mutta niiden perusteella on paalutustyöhön

paljon helpompi lähteä. Lisäksi, työn alkaessa, lyödään muutama koepaalu, joilla vahvistetaan paalujen riittävä pituus.

Ennen työn alkua kannattaa vielä tarkistaa tuleva työmaa kunnolla. Usein, jopa isojen rakennusliikkeiden tilatessa työn, on paalutettavan alueen kantavuus liian heikko suurelle paalukoneelle. Tällöin on vaarana koneen jumiutuminen tai jopa kaatuminen. Mikäli rakennusalue ei kestä paalukoneen painoa, pitää sille tehdä massanvaihto. Esimerkiksi normaalikokoiset Junttan paalukoneet tarvitsevat alleen n.50cm sepelipedin, jos työ suoritetaan pehmeällä savipohjalla.

3.2 Paalutuskalusto

Paalutustyön suorittamiseksi tarvitaan paalutuskone. Sen pitää täyttää työturvallisuuden suhteen asetetut vaatimukset. Lisäksi koneen on oltava sellainen, että paalun tunkeutumista maahan voidaan tarkasti seurata, asennus voidaan tarvittaessa nopeasti keskeyttää ja että lyönnin voimakkuutta voidaan haluttaessa säätää. Paalutuskoneen tyyppi, koko ja iskuvoima määräytyvät paalujen ja maaperän perusteella. (RIL 2005.)

Yleisimmin paalukoneet ovat hydraulisia. Tällöin kone liikkuu ja toimii letkuissa liikkuvan hydraulioöljyn avulla. Hydraulioöljyä kierrättävä koneisto taas saa siirtovoimansa moottorista, joka toimii dieselöljyn avulla.

Suomessa kehitetty hydraulinen paalukone, Junttan (Junttan 2010.), on alan suurimpia valmistajia ja toiminut jo vuodesta 1976 (kuva 9.).

Myös ulkoimailla osataan valmistaa paalukoneita (kuva 8.). Italialainen Enteco valmistaa porapaalukoneita, joita käytetään myös Suomen olosuhteissa.(Enteco 2010.)



Kuva 8. Porapaalukone kuljetusasennossa



Kuva 9. Paalukone lyöntiasennossa

Junttan PM-20

Hydraulisesti teräsbetonipaaluja ja suurehkoja teräsputkipaaluja lyövä paalukone: (kuva 10.)

- keilin korkeus noin 20 metriä
- kaksi vinssiä
- järkäleen massa 4,0–5,0 tn ja pudotuskorkeus 0–1500 mm
- järkäleen iskutiheys säädettävissä riippuen iskupituudesta, maksimitiheys kuitenkin 60/1 min
- vastapaino säädettävissä 3,6–6,0 tn



Kuva 10. Junttan PM-20

3.3 Apuvälineet

Paalukoneen perusapuvälineisiin kuuluvat:

- rautakanki
- vatupassi
- merkkusmaali/-spray
- puukko

3.3.1 Apupaalu I (reikä-poika)

Apupaalun avulla voidaan lyödä paaluja talvella, jäätyneeseen maahan ja lisäksi paikoissa, joissa paalu saattaa rikkoutua kovan maanpinnan takia. Sen teroitettu piikki rikkoo jäätyneen/kovan maan ja tekee näin reitin itse paalulle.

Apupaalu I:

- teräksinen
- pituus n.4 metriä
- kärjessä terävä piikki maan läpäisyä varten

3.3.2 Apupaalu II (saatto-poika)

Apupaalua käytetään, jos paalu on liian lyhyt lyötäväksi maan päällä, eli tilanteessa, jossa paalumitat eivät pidä paikkaansa ja paalu painuu maan sisälle. Apupaalun avulla paalu voidaan lyödä jopa noin 4 metriä syvemmälle, riippuen sen pituudesta. (kuva 11.)

Apupaalu II:

- teräksinen
- pituus n.4 metriä
- kärjessä tasainen, paalun päähän sopiva syvennys



Kuva 11. Apupaalun käyttö paalutuksessa

3.4 Maaperä

Paalutustyön tärkein vaikuttava tekijä on maaperä. Sen ja tulevan rakenteen perusteella geosuunnittelija määrittelee paalujen tyypin, määrän ja koon. (kuva 12.)

Maaperätutkimuksien avulla selviää kuinka pitkiä paaluja tarvitaan.



Kuva 12. Kalliokärjellisiä teräsbetonipaaluja (300x300mm)

3.5 Paalujen tilaus ja kuljetus

Paaluja tilataan paalutehtaalta, joita Suomessa on mm. Lohja Rudus (kuva 13.) ja A-Betoni. Paalujen hinta määräytyy määrän, tyypin ja kuljetuskustannusten perusteella.

Paalujen tilaus kannattaa hoitaa ajoissa, sillä tehtaalla on usein ruuhkaa ja toimitusajat voivat olla yllättävänkin pitkät.



Kuva 13. Teräsbetonipaalun valmistustietolappu (Rudus 2010)

3.6 Paalujen säilytys

Paalujen säilytys työmaalla tai väliaikaisella sijoituspaikalla pitää hoitaa asianmukaisesti. Ne eivät saa olla vääntyneenä tai taipuneena, koska tällöin niiden kantokyky saattaa heikentyä. Tämän vuoksi alueen, jolla paaluja säilytetään, pitää olla tasainen ja riittävän tilava (kuva 14.). (RIL 2005.)



Kuva 14. Paalujen säilytys

3.7 Paalujen asennus

Paalutuksessa on kaksi eri työvaihetta: Paalun nosto ja sen lyönti. Ensin paalu nostetaan pystyyn (kuva 15.), siihen valetun nostolenkin avulla, koneen keiliä vasten. Paalun ja vaakatason välinen kulma pitää olla 60-70 astetta, ennen kuin järkäleen saa laskea paalun päähän. (RIL 2005.)

Lyöntivaiheessa järkäle välittää lyöntivoimansa iskutyynyn avulla paalun päähän. Lyöntilaitteen, johon järkälekin kuuluu, on oltava pituussuunnassa samassa linjassa kuin paalunkin. Tällöin iskuaallot välittyvät paaluun suoraan, eikä paalu pääse nurjahtamaan. (Heino 2010)

Lyönnin lopussa, kun paalu on saavuttamassa kiinteän pohjamuodostuman ja painuma vähenee selvästi, lyödään loppulyönnit. Loppulyönnit koostuvat yleensä viidestä lyöntisarjasta, jotka jokainen sisältävät 10 lyöntiä.

Lyöntisarjojen lukumäärä määräytyy olosuhteiden perusteella. Jos paalun painuminen vähenee hitaasti, lyödään useampia sarjoja, ja jos painuminen vähenee nopeasti, lyödään enemmän. (RIL 2005.)

Paalua ei pysty ikinä asentamaan aivan suoraan, mutta liian vino paalu tarvitsee vierelleen lisäpaalun, jotta riittävä kantokyky tulevalle rakenteelle saavutetaan.



Kuva 15. Paalutuskone ja apumies työssään

3.8 Paalujatkot

Paalujatkoilla mahdollistetaan paalun pituuden jatkaminen haluttuun mittaan.

Teräsbetonipaaluissa jatkos lisätään jo tehtaalla, valun yhteydessä paaluun lisättävällä ns. jäykkäjatkoksella. Se mitoitetaan siten, että sen taivutusjäykkyydellä ja –kestävyydellä on vähäinen vaikutus asennetun paalun

nurjahduskestävyyteen ja että iskuaallot välittyvät sen kautta luotettavasti. Paalut yhdistetään aina lyöntivaiheessa, ensimmäisen paalun ollessa jo maahan lyötynä. Tällöin jatkopaalu asetetaan sen päälle ja kiilat lyödään jatkokseen, jotta liitos ei irtoa tai aiheuta vääntymiä. (RIL 2005.)

Teräsputkipaaluihin ja porapaaluihin jatkos on lisättynä aina, koska niissä on holkkiliitos jo valmiina. Tällöin paalua on helppo jatkaa lisäämällä vain paalujen määrää päällekkäin.

Paalujatkosten (kuva 16.) valmistus on oltava kolmannen osapuolen valvonnassa (RIL 2005.)



Kuva 16. Paalujatkos (Emeca 2010)

3.9 Paalujen katkaisu

Katkaisu tapahtuu asentamisen jälkeen, jolloin katkokorkeudet ovat merkittyinä paaluihin. Yleensä niin, että paalun kärki ylettyy 50mm paaluanturaan. (RIL 2005.)

Teräsbetonipaalujen katkaisussa käytetään yleensä polttomoottorisia laikkaleikkureita, mutta toinen tapa on piikata paalun kulmat auki ja sahata teräkset poikki. Tämän jälkeen paalu työnnetään kumoon, jolloin se katkeaa.

Teräsputkipaalujen katkaisu tapahtuu kulmahiomakoneen avulla.

3.10 Turvallisuus

Itse paalutustyössä on noudatettava lakeja, asetuksia ja muita ohjeita, jotka koskevat:

- työalueen turvallisuutta
- työmenetelmien turvallisuutta
- paalutuskoneen ja paalutuksessa käytettävien muiden laitteiden sekä työkalujen toiminnallista varmuutta

Paalutuskaluston on oltava standardin SFS-EN 996 "Piling equipment. Safety requirements" vaatimusten mukainen. (RIL 2005.)

Asiat joihin kiinnitettävä erityistä huomiota:

- työvaiheet, joissa raskaita laitteita ja työkaluja
- mahdolliset rakennuskaivannot
- paalukaivannon sisäpuolella tehtävät työvaiheet ja mittaukset
- paalujen siirto ja nosto

4 Rakentamisvaihe

4.1 Työn aloitus

Lyöntipaalutyön aloittamista varten tarvitaan seuraavat tiedot, kirjallisena ja ne on oltava käytettävissä työmaalla:

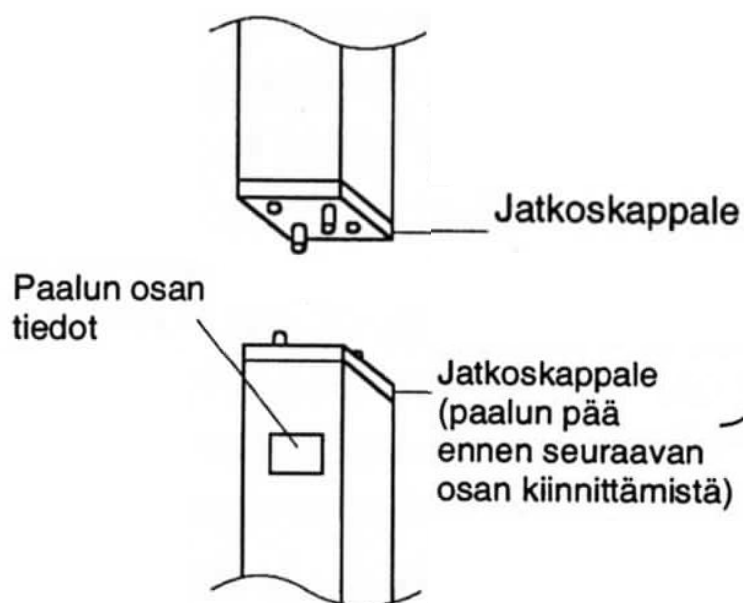
- pohjatutkimus
- suunnittelu- ja rakentamisasiakirjat
- työmaan olosuhteet
- läheisten rakennusten ja rakenteiden sijainti, kunto ja mahdolliset työtä rajoittavat tekijät
- tiedot maaperän haitoista ja työtä vaikeuttavista tekijöistä
- ympäristöhaittojen raja-arvot sekä muut laissa asetetut rajoitukset
- tieto vaadittavista työsuunnitelmista ja paalutusmenetelmän yksityiskohdista
- tiedot alueella tai sen läheisyydessä aiemmin tehdyistä paalutus- tai perustamistöistä
- toiminnot, joita suoritetaan samaan aikaan alueen läheisyydessä ja jotka voivat vaikuttaa sen työn suorittamiseen
- mittauksiin, laadunvalvontaan ja koestukseen liittyvät lisävaatimukset
- kiintopisteiden sijainti (RIL 2005.).

4.2 Paalutus

Paalutusvaihe voidaan aloittaa, kun paalukone ja paalut ovat työmaalla, sekä tarvittavat tutkimukset ja suunnitelmat ovat tehtynä.

Paalutus kannattaa aloittaa työn etenemisen kannalta parhaasta kohdasta, mutta erikoistilanteissa voidaan joutua odottamaan toisen työvaiheen valmistumista paalutuksen välissä. Suunniteltu lyöntijärjestys kannattaa pitää, ettei kone mahdollisesti paaluta itseään pussiin ja ettei jo tilattujen paalujen lyöntipiste vaihtuisi. Tällöin on hyvin todennäköistä, että paalu jää joko lyhyeksi tai että se jää paljon liian pitkäksi. Tasamittaisia paaluja lyötäessä ongelmaa ei tietenkään ole.

Paalujatkoksia (kuva 17.) käytettäessä työ tulee entistäkin tarkemmaksi, koska paalujen mitat kasvavat ja näin väärän paalun lyöminen väärään paikkaan saattaa aiheuttaa koko paalun uusimisen.



Kuva 17. Paalujatkos asennus (RIL 2005)

Paalun loppulyönnit voidaan aloittaa, kun paalu on juuri saavuttamassa kovan maaperän. Paalua on suositeltavaa lyödä vähintään viisi kymmenen lyönnin lyöntisarjaa. (RIL 2005) Kun paalu on riittävän tiukassa, voidaan työ lopettaa kyseisen paalun osalta ja siirtyä seuraavaan.

4.3 Paalujen katkaisu

Paalut katkaistaan suunnitelman mukaan, oikeasta katkokorkeudesta, paalutustyön päättymisen jälkeen.

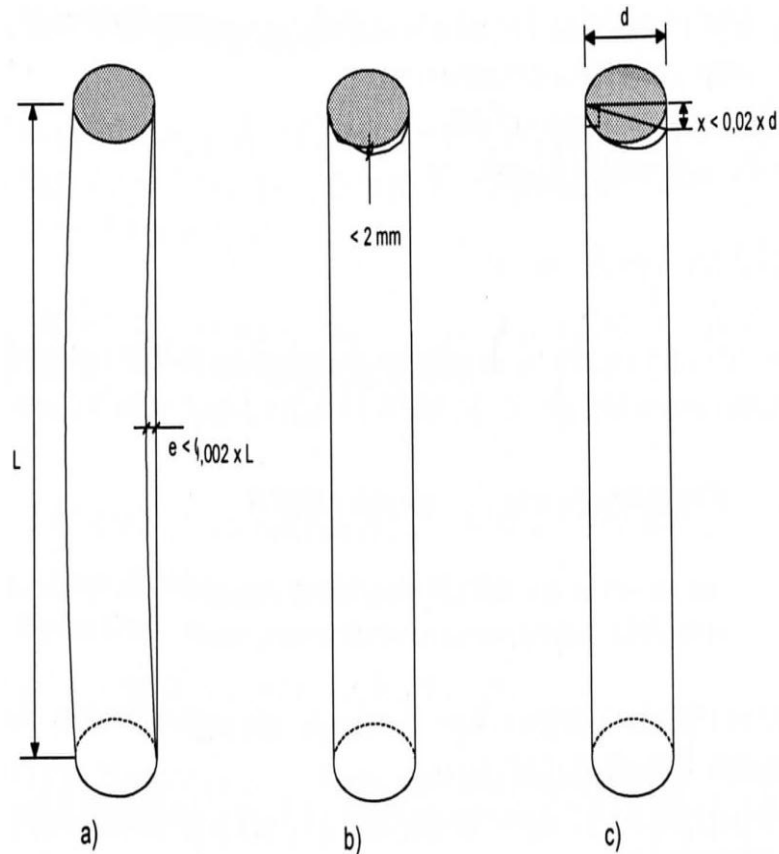
4.4 Viimeistely

Paalutustyön jälkeen mitataan paalujen sijaintipoikkeamat. Jos sijaintipoikkeamaa havaitaan liikaa on pohjarakenteista vastaavan rakennesuunnittelijan tarkastettava, miten poikkeama vaikuttaa paaluihin ja tulevaan rakenteeseen. Näin mahdollisesti tarvittavat lisäpaalut saadaan asennettua pikaisesti.

Paalujen yläpäiden korkeus on toinen mitattava asia asennuksen jälkeen. Näin saadaan määriteltä paalun saavuttama syvyys, vähentämällä sen pituus yläpään korkeustasosta.

Paalujen vinoutta (kuva 18.) voidaan mitata jos epäillään ns. vinopaalua. Tällöin paalu on liian vino, jolloin sen kantokyky heikkenee liiallisen vääntömomentin takia. Yleensä vastaavat ongelmat korjataan lisäpaalulla.

Paalulle voidaan tehdä myös ehjyyskoe sen asennuksen jälkeen, jos on syytä epäillä sen kantokykyä. (RIL 2005.)



Kuva 18. Paalun mittaukset: (RIL 2007)

- a) Paalun suoruuden mittaaminen
- b) Paalun pään tasomaisuuden mittaaminen
- c) Paalun pään suorakulmaisuuden mittaaminen

4.5 Dokumentointi

Paalutustyön dokumentointi keskittyy tietysti paaluihin ja niiden asentamiseen, mutta työkohteen paalutustyönjohtajan on laadittava myös paalutustyön tarkastusasiakirja. Siihen sisältyvät paaluperustuksen suunnitelma ja mitoituslaskelmat, työ- ja laatusuunnitelmat, toteumapiirustus liitteineen, paalutuspöytäkirjat sekä koekuormitus- ja mittausraportit. (RIL 2005.)

Yllä mainituista ehkä tärkeimpänä mainittakoon paalutuspöytäkirja, jota pidetään paalutustyön ohella. Siihen merkataan seuraavat asiat:

- lyöntipäivämäärä
- paalun valupäivä (teräsbetonipaalu)

- paalun kokonaispituus
- paalun koko
- järkäleen massa
- järkäleen pudotuskorkeus
- loppulyöntien aikana saavutettava tiukkuus

Tällä dokumentoinnilla varmistetaan, että paalutustyö on tapahtunut ohjesääntöjen mukaisesti.

5 Talvirakentaminen

Talvella paalutustyön suorittaminen vaikeutuu oleellisesti, jäätyvän maanpinnan, lumisateen ja pakkasen takia. Jäätyneen maanpinnan läpäisy saattaa vaurioittaa paalua, joten työssä käytetään usein apupaalua eli reikäpoikaa. Reikäpojalla maanpintaan saadaan reikä, joka tehdään asennettavan paalun paikalle. Samaiseen reikään lyötävä paalu ei tällöin mene itsessään jäätyneen maanpinnan läpi, vaan aloittaa kulkunsa sulasta maasta.

Lumisade voi vaikeuttaa paalutusta, koska maanpintaan merkityt paalunpaikat saattavat sankalla lumisateella hävitä. Tämän takia merkiksi kannattaa laittaa esimerkiksi harjateräksen pätkä, jolloin se ei häviä ainakaan heti lumen alle.

Kylmällä ilmalla paalutustyö kannattaa usein jopa keskeyttää. Kova pakkasen saattaa heikentää paalun kestävyyttä, jolloin se voi jopa murtua lyöntivaiheessa. Lisäksi paalukoneen toimiminen pakkasella ei aina ole varmaa. Pakkasesta aiheutuva kankeus ja moottorin rasitus eivät tee hyvää koneen kunnolle. Mahdolliset konerikot ovat kovalla pakkasella todennäköisempiä kuin yleensä.

Kovina pakkastalvina on jopa jätetty lyhyitä paaluja lyömättä, ettei routa nosta niitä hetken päästä ylös. Tällöin paalujen päälle tuleva rakennus ja sen massa aiheuttavat painumia paaluissa ja koko rakenteessa.

6 Työturvallisuus ja rakennusympäristö

6.1 Yleistä

Työturvallisuus tulee ottaa huomioon koko rakennushankkeen, eli tarveselvityksen, hankesuunnittelun, rakennussuunnittelun ja rakentamisen ajan.

Suomen valtioneuvoksen päätöksessä edellytetään, että suunnittelija, rakennuttaja sekä pää- ja muut urakoitsijat huomioivat erityisesti työturvallisuuden työvaiheita suunnitellessaan ja niitä toteuttaessaan.

Työturvallisuuden huomiointi pitää aloittaa jo suunnitteluvaiheessa. Näin vähennetään tapaturmien riskiä ja helpotetaan työn kulkua. Paalutustyön suunnittelussa tulee huomioida seuraavia asioita:

- työalue
- maaperä
- maasto
- tila
- työmenetelmät
- työjärjestys
- jo olevat johdot ja putket.

Paalutustyöstä aiheutuvat häiriöt ja ympäristöhaitat on pidettävä mahdollisimman vähäisinä. Mahdollisen häiriön tai ympäristövaikutuksen laatu ja laajuus riippuu:

- paalutuspaikasta ja sen pohja- pohjavesisuhteista
- paalutyypistä ja paalutusmenetelmästä
- työvaiheesta.

Paalutustöissä noudatetaan ympäristön suojauksen ja päästörajojen osalta kansallisia ohjeita ellei eurooppalaisia standardeja ole. (RIL 2005)

Itse paalutustyössä muistettavat turvallisuusasiat:

- työmaa-alueen siisteys/kunto
- paalukoneen kunto
- henkilökohtaisten suojainten kunto
- paaluvalmistajan ohjeiden noudattaminen
- ei tarpeetonta oleskelua työkoneen läheisyydessä
- paalujätteiden välitön siivoaminen
- kuulosuojaimet
- silmäsuojaimet
- turvakengät
- huomioliivi
- kypärä.

Edellämainittujen asioiden lisäksi pitää muistaa paalutuskoneesta aiheutuva putoamis- ja/tai kaatumisvaara. Paalukoneen korkeuden vuoksi sitä ympäröivä alue pitäisikin pitää tyhjänä, eikä siinä saisi työskennellä kuin koneen kuljettaja ja apumies. Työmaan muut mahdolliset työt siis olisi lopetettava tältä alueelta paalutustyön ajaksi.

Ihmisvoimin suoritettavissa nostoissa huomioitava ergonomisuus ja venyttely. (Työturvallisuuskeskus 2010.)

6.2 Tärinä

Paalun asennus aiheuttaa tärinää ja melua rakennuspaikalla. Suunnitelma-asiakirjoissa määritetään tapauskohtaisen harkinnan perusteella sallitut tärinän raja-arvot samoin kuin ympäristön katselmustarve ja riskianalyysin tarve. Mikäli riskianalyysi katsotaan tarpeelliseksi, niin se tehdään jo suunnitteluvaiheessa ennen paalutustyön alkamista.

Eriyisen voimakasta maanpinnan heilahtelua saattaa aiheutua paalutuskoneen liikkeistä pehmeää savikerrosta peittävän kuivakuoren tai routakerroksen päällä sekä myös asennettaessa paalua em. pintakerroksen läpi tekemättä reikää paalun kohdalle.

Vaurioherkässä ympäristössä on tehtävä koepaalutuksia sekä valvottava tärinätasoa paalutustyön aikana.

Paalutettavan kohteen ympäristön rakenteet ja laitteet yms. selvitetään yleensä 30- 50 metrin etäisyydeltä paalutettavasta kohteesta. (RIL 2005.)

6.3 Melu

Alueilla, joilla työmaan ulkopuolinen henkilö voi vain satunnaisesti liikkua, on melun yläraja 80 dB.

Asutuskeskusten läheisyydessä on suositeltavaa varustaa järkäle melusuojuuksella. (RIL 2005.)

6.4 Päästöt

Vesi- ja pohjavesialueilla tai niiden läheisyydessä työskenneltäessä on työalueella ja sen läheisyydessä tehtävä riittävät suojatoimenpiteet, joiden avulla paalutuskoneen rikkoutumisen tai muun syyn takia vuotava öljy voidaan nopeasti kerätä talteen ja estää sen pääsy vesistöön tai maaperään.

Hydraulikoneiden voimansiirtojärjestelmässä suositellaan käytettäväksi vesialueilla ja pohjavesialueilla sekä niiden välittömässä läheisyydessä helposti luonnossa hajoavaa ympäristöystävällistä öljyä.

Savukaasupäästöjä voidaan vähentää käyttämällä uudenaikaisia ja tehokkaita hydraulikoneita.

Paalutuskoneeseen kehitettyjen melusuojaimeiden avulla voidaan myös estää öljyn roiskumista ja pakokaasujen leviämistä. (RIL 2005)

7 Esimerkkityömaa As Oy Pikku-Heikki

Pikku-Heikki on työmaa Turun Iso-Heikkilässä, jonka tarkoituksena on laajentaa vanhainkoti. Pääurakoitsijana toimii Hartela ja Turun Siirtomurske Oy:lle kuuluu maarakennus- ja paalutusurakat.

7.1 Pohjatutkimus

Työmaan suunnittelutyössä on noudatettu mm. seuraavia määriä ja ohjeita:

- osa B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma
- RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet
- RIL 234-2007 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet
- RIL 223-2005 Lyöntipaalutusohjeet LPO-2005
- RIL 230-2007 Pienpaalutusohjeet, PPO-2007
Porapaaluohje (Ruukki)
- RIL 207-2009 Geotekninen suunnittelu

Maaperän kerrosrakenne ja kallion pinta on selvitetty yhteensä 12 pisteellä. Yhdestä pisteestä on lisäksi otettu maanäytteitä.

Maanpinta rakennusalueella tasovälillä +8.5...+11.0.

Maaperä on ylärinteen puolella humuksen ja täytön alla savea. Savi on ylärinteessä pääosin sitkeää ja paksuudeltaan noin kaksi metriä. Savikerros syvenee ja pehmenee alarinteeseen, ollen enimmillään noin neljä metriä. Saven alla on tiivistä ja kivistä moreenia, paikoin useita metrejä. Porakonekairauksista pääteltynä kallio on rakennuksen alla tasovälillä +1.5...+6.5. Saviaines on pääosin ns. lihavaa savea. Siinä ei ole merkkejä sulfidista.

Maaperä on routivaa ja pohjavesi on tasolla +7.0.

7.2 Kantavat rakenteet

Suunniteltu kerrostalo perustetaan tukipaaluilla kovaan pohjaan. Ylärinteen puolella käytetään porapaaluja ja alarinteessä lyötäviä teräsputkipaaluja.

Paalutustyö suunnitellaan ja toteutetaan PPO-2007:n ja porapaaluohjeen (Ruukki) ohjeita noudattaen.

Paalutusluokka II.

7.3 Paalumäärät

Lasketut määrät:

Paalut	Kpl	Pituus	Yht.
RR140/8	83	~7.5m	630m
RD140/8	53	~6.0m	318m

Taulukko 1. Kuvien ja suunnitelmien perusteella lasketut paalumitat ja määrät

7.3.1 Teräsputkipaalut

Teräsputkipaaluja 83 kpl, yhteensä 630 metriä.

7.3.2 Porapaalut

Porapaaluja 53 kpl, yhteensä 318 metriä.

7.4 Kustannusarvio

Paalut	Kpl	Pituus	Yht.	Hinta/m	Hinta/kpl	Hinta yht.
RR140/8	83	~7.5m	630m	42€/m		26460€
RD140/8	53	~6.0m	318m	93€/m		29574€
Paaluhatut	83				27€/kpl	1992€
Kalliokärjet	83				55€/kpl	4067€
Mittaus/Tarke	83				10€/kpl	830€
Koneen kuljetus						600€
Paalujen kuljetus						200€
Työnjohto						300€
Lyönti			630m	4		2520€
Hukka 4%		~30m				1050€
Kate 3-5%						2500€
Yhteensä:						70120€

Taulukko 2. Kustannusarvio

7.5 Paalutus

Teräsputkipaalujen asentaminen tapahtui kaivinkoneeseen asennettavalla Fampo-lyöntilaitteella. Se on Ruotsissa valmistettu, hydraulinen lyöntilaitte, jossa on 500kg:n puntti. Sillä voidaan lyödä kuusi metriä kerrallaan, joten yhden paalun pituus kerrallaan on kuusi metriä, mutta holkkiliitoksen avulla sitä voidaan jatkaa aina haluttuun mittaan asti. (kuva 19.)



Kuva 19. Teräsputkipaalujen lyöntilaite Fampo

Porapaalujen asentamisesta vastasi Suomen Teräspaalaus Oy, jonka Junttan porapaalukone tuli työmaalle 4.1.2010. Porapaalujen asennus (kuva 20.) tapahtui varsin nopeasti, sillä kaikki paalut olivat kolmen päivän jälkeen jo maassa. Suomen Teräspaalaus Oy tosin teki vapaaehtoisesti ylitöitä, kovan kiireen takia, joka vaikutti työn nopeaan valmistumiseen.

Paalutustyön aloittamista edeltävät työt olivat yksinkertaisia, koska lähistöllä oli vain yksi rakennus: alkuperäinen vanhainkoti. Lisäksi olemassa olevien maanalaisten rakennelmien ja putkilinjojen tarkastamista ei tarvittu, koska niitä ei rakennusalueen välittömässä läheisyydessä ole.

Maankaivun ja rakennusalueen tasoittamisen jälkeen voitiin itse paalututyö aloittaa.



Kuva 20. Porapaalun hitsijatkos

7.5.1 Aikataulu

Paalutustyön suorittaminen sijoittui aikavälille 14.12.2009 – 10.1.2010. Aikataulunmukainen työn valmistuminen onnistui.

7.5.2 Työvaiheet

Paalutus aloitettiin teräsputkipaaluilla, rakennusalueen takakulmasta. Näin saatiin looginen ratkaisu lyöntijärjestykselle, koska työmaatie sijaitsee juuri vastakkaisessa kulmassa.

Teräsputkipaalujen lyömisen jälkeen voitiin siirtyä porapaalujen asennukseen, jonka suoritti Suomen Teräspaalutus Oy.

Paalujen asennuksen jälkeen ne katkaistiin. Työ suoritettiin kulmahiomakoneella.

7.5.3 Toteutuneet paalumäärät ja kustannukset

Paalut	Kpl	Pituus	Yht.	Hinta/m	Hinta/kpl	Hinta yht.
RR140/8	82		622m	42€		26124€
RD140/8	54		388.15m	93€		36097.95€
Paaluhatut	82				27€	2214€
Kalliokärjet	82				55€	4510€
Mittaus/Tarke	82				10€	820€
Koneen kuljetus						600€
Paalujen kuljetus						200€
Työnjohto						300€
Lyönti			622m	4€		2488€
Kate 3%						2500€
PDA-mittaus	1					950€
Yhteensä:						76803.95€

Taulukko 3. Kustannukset

7.5.4 Lisätyöt

Paalutustyön yhteyteen tilatut lisätyöt:

- PDA-mittaus

7.6 Yhteenveto

Työmaan suunnitelma-asiakirjojen perusteella lasketut paalumäärät ja -mitat olivat hyvin lähellä toteutunutta, joten pohjatutkimus oli hyvin onnistunut ja siinä olleet korkeustasot tarkkoja. Teräsputkipaaluissa ero oli 8 metriä ja porapaaluissa 70 metriä. Yksi paalu muutettiin putkipaalusta porapaaluksi työn

aikana, koska kallio oli kohdassa huonoa ja haluttiin varmistua paalun painumattomuudesta.

Työn suoritus toteutettiin omalla teräsputkien lyöntilaitteella ja aliurakoitsijan porapaalukoneella. Ensin lyödyt teräsputkipaalut asennettiin aikataulussa ja porapaalut jopa aikataulua edellä.

Kokonaisuudessaan paalutustyö oli onnistunut ja siihen liittyvät asiakirjat hyvin koottuja.

8 Tulokset ja johtopäätökset

Paalutuksen rakennusteknisenä tarkoituksena on siirtää rakennuksen aiheuttama massa kovaan maaperään ja näin mahdollistaa rakentaminen pehmeässäkin maastossa. Yleisimpänä materiaalina käytetään teräsbetonia, joka ominaisuuksiltaan sopii hyvin suuren massan aiheuttaman kuorman siirtämiseen.

Sopivimman perustamistavan päättää rakennesuunnittelija, pohjatutkimusten tulosten sekä pääsuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti.

Jotta paalutustyö onnistuisi moitteettomasti, vaatii se tarkkaa etukäteissuunnittelua sekä työnaikaista ohjausta ja valvontaa. Työnjohtajan töihin sisältyy suunnittelun, ohjauksen ja valvonnan lisäksi myös työnaikaisen dokumentoinnin ylläpitäminen.

Paalujen kuljetukseen ja säilytykseen käytetään oikeanlaisia toimintatapoja, jotta ne eivät vaurioidu. Paalutuskaluston on oltava kunnossa, ja asennus tapahtuu ohjeita ja pykälää noudattaen.

Talvirakentamisessa otetaan huomioon vaikeammat sääolot ja mahdolliset työn keskeytykset ja tauot.

Työturvallisuus huomioidaan koko työmaan ajan, ja siihen on kiinnitettävä erityistä huomiota paalutustyön aikana. Suuri kone ja mahdolliset putoamis-, kaatumis-, värinä- ja meluvahingot on huomioitava työtä suoritettaessa. Näin vältetään pienimmiltäkin mahdollisilta tapaturmalta. Työnjohtajan lisäksi myös työntekijöiden on noudatettava turvallisuusmääräyksiä ja huolehdittava omasta henkilökohtaisesta suojauksestaan.

9 Yhteenveto

Tässä insinööriyössä tutkittiin paalutustyön johtamista ja siihen oleellisesti liittyviä asioita, jotta uusille työnjohtajille paalutustyön johtaminen ei tuottaisi yllättäviä tilanteita tai ongelmia.

Tutkimus suoritettiin pääosin rakennusalan kirjallisuuteen ja sähköisiin julkaisuihin perustuen. Lisäksi tutkimuksessa hyödynnettiin erillisen esimerkkityömaan suunnitelma-asiakirjoja sekä kustannuslaskelmia. Tärkeää tietoa saatiin myös kokeneilta työnjohtajilta, joilla on paalutusalaista kokemusta monien vuosien ajalta.

Tutkimuksen tärkeimmiksi asioiksi ja samalla paalutustyön onnistumiselle tärkeimmiksi asioiksi muodostuvat työn suunnittelu ja sen työnaikainen valvonta. Lisäksi työturvallisuuden maksimointi on yksi paalutustyön tärkeimmistä asioista.

Paalutus on työmenetelmänä yksinkertainen, mutta kaikkien työhön vaikuttavien asioiden huomioiminen oikealla hetkellä on varsinkin aluksi vaikeaa ja haastavaa. Mahdollisia muuttuvia tekijöitä on hirvittävä määrä, eikä kahta samanlaista työmaata tule ikinä vastaan. Paalutustyön johtajalla onkin suuri vastuu huolehtia työn suunnittelusta, paalutusjärjestyksestä ja työturvallisuuden huomioimisesta aina vaihtuvassa maastossa.

Lähteet

Ari Muurisen haastattelu 12.3.2010.

Hemmo Heinon haastattelu 12.3.2010.

Emeca. Viitattu 11.5.2010. <http://www.emeca.fi/index.php?lang=fin&p=21>

Enteco. Viitattu 5.5.2010. <http://www.entecodrill.com/en/index.asp>

Junttan. Viitattu 27.3.2010. <http://www.junttan.fi/index.php?sivu=frontpage&kieli=en>

Rautaruukki. Viitattu 10.4.2010. <http://www.ruukki.com/www/finland.nsf?OpenDatabase>

RIL 223-2005 Lyöntipaalausohje, LPO-2005. 2006. Teräsbetoni- ja puupaalut. 3 painos. Helsinki: Hakapaino Oy. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 230-2007 Pienpaalausohje, PPO-2007. 2007. Teräksiset lyönti-, pora- ja puristuspaalut. Helsinki: Hakapaino Oy. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

Rudus. Viitattu 5.5.2010. <http://www.rudus.fi/>

Turun Siirtomurske Oy. Viitattu 3.4.2010.

http://www.turunsiirtomurske.fi/Turun_Siirtomurske_Oy/Tervetuloa.html

Työturvallisuuskeskus. Viitattu 2.5.2010.

http://www.tyoturva.fi/toimialat/rakennusala/raturva_tyolajiohjeet

Wikipedia. Viitattu 24.3.2010. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Paalutus>