

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

2014

Olli Rahkala

# PAALUTUSKONEEN KÄYTTÄJÄN PÄTEVÖIMISKOULUTUS

– teoriakoulutus



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikka | Talonrakennustekniikka

Maaliskuu 2014 | 19+61

Jouko Lehtonen, Yliopettaja

Olli Rahkala

# PAALUTUSKONEEN KÄYTTÄJÄN PÄTEVÖIMISKOULUTUS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen ja Turun ammattikorkeakoulun käyttöön koulutusmateriaali paalutuskoneen käyttäjän pätevimiskoulutuksen teoriakoulutusta varten.

Työn alkuosassa käydään läpi toimeksiantajasta yleiset tiedot sekä paalutusohjeen PO-2011 julkaisun yhteydessä voimaan tulleet paalutustyöluokat ja paaluttajalle asetetut vaatimukset, jonka mukaisesti koulutusmateriaali on tehty.

Työssä käydään läpi myös koulutusmateriaalia varten tehtyjä urakoitsijoiden haastatteluja, teoriakoulutuksen tavoitteita ja lähtötietoja, koulutuksen suunnittelua sekä läpikäydään koulutusmateriaalin sisältöä.

Koulutusmateriaali on lisätty tämän opinnäytetyön liitteeksi.

ASIASANAT:

paalutus, pohjarakennus, paalut, perustukset, koulutus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Structural Engineering

March 2014 | 19+61

Jouko Lehtonen, Principal Lecturer

Olli Rahkala

# QUALIFICATION TRAINING FOR PILE-DRIVING MACHINE USER

The objective of this thesis was to create training material for the use of the Finnish Geotechnical Association and Turku University of Applied Sciences in the theory part of qualification training for a pile-driving machine user.

The first part of this thesis provides general information about the commissioner and pile driving instructions (PO-2011). In context with the publication of the drive-piling instructions discusses pile driving classes and related requirements came into effect. The training material is in compliance with the requirements of the pile diving instructions (PO-2011).

This thesis discusses contractor interviews conducted for the training material, deals with the objectives and initial data of the theory training, the training material planning, and the content of the training material.

The training material is appended to this thesis.

## KEYWORDS:

piling, base construction, piles, foundation, training

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>6</b>
1.1 Toimeksianto	6
1.2 Suomen Geoteknillinen Yhdistys	6
<b>2 PAALUTUSOHJE PO-2011</b>	<b>7</b>
2.1 Paalutustyöluokka	7
2.2 Paaluttajalle asetettavat vaatimukset	7
<b>3 URAKOITSIJOIDEN HAASTATTELUT</b>	<b>9</b>
3.1 Uusi paalutuskoneen käyttäjä	9
3.2 Vastuut paalutustyöstä	9
3.3 Urakoitsijoiden mielipiteitä	10
<b>4 TEORIAKOULUTUS</b>	<b>12</b>
4.1 Tavoite ja lähtötiedot	12
4.2 Suunnittelu	13
<b>5 TEORIAKOULUTUKSEN SISÄLTÖ</b>	<b>14</b>
5.1 Johdanto	14
5.2 Paalutustyöluokka	14
5.3 Pohjatutkimukset	14
5.4 Paaluttajalle asetettavat vaatimukset	15
5.5 Paalutuskalusto ja menetelmät	15
5.6 Paalutyypit	15
5.7 Paaluvarusteet	15
5.8 Paalujen varastointi ja käsittely	16
5.9 Paalutustyö	16
5.10 Paalujen jatkaminen	16
5.11 Paalujen vaikutus ympäristöön	16
5.12 Paalujen sijoitus	17
5.13 Paalutustyöndokumentointi	17
5.14 Laadunvalvonta, seuranta- ja mittaustarkastelu ja testaus	17
5.15 Lähteet	17
<b>6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT</b>	<b>18</b>

## **LÄHTEET**

**19**

## **LIITTEET**

Liite 1. Pätevöimiskoulutuksen teoriakoulutuksen koulutusmateriaali.

## **KUVAT**

Kuva 1. Teräsbetonipaaluja asennettuna.

**11**

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Junttan Oy:n kuljettajakoulutus/sertifiointijärjestelmä.

**13**

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Toimeksianto

Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen paalutustoimikunta on pyytänyt Turun ammattikorkeakoulun yliopettajaa Jouko Lehtosta valmistelemaan paalutuskoneen käyttäjien pätevimiskoulutusta RIL 254-2011, Paalutusohjeen PO-2011 esitettyjen vaatimusten mukaisesti. Paalutuskoneen käyttäjän pätevimiskoulutus jaettaisiin teoriakoulutukseen sekä käytännön koulutukseen. Teoriakoulutuksen koulutusmateriaali on päätetty toteuttaa Turun ammattikorkeakoulussa opinnäytetyönä.

## 1.2 Suomen Geoteknillinen Yhdistys

Suomen Geoteknillinen Yhdistys on maa- ja pohjarakentamisessa aktiivisesti työskentelevien suunnittelijoiden, tutkijoiden, urakoitsijoiden, rakennuttajien sekä laite- ja materiaalitoimittajien pätevin yhteisö Suomessa. Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen paalutustoimikunta koostuu suunnittelijoiden, urakoitsijoiden, viranomaisten, tutkimuslaitosten sekä paaluvalmistajien edustajista. Paalutustoimikunnan tehtävänä on jatkaa vuonna 2011 julkaistun Paalutusohjeen PO-2011 käyttöönottoon ja ylläpitoon liittyviä tehtäviä. (SGY 2014).

## 2 PAALUTUSOHJE PO-2011

Paalutusohje PO-2011 on julkaistu ja kustannettu Suomen Rakennusinsinööri- en Liiton RIL ry:n toimesta. Paalutusohjeen keskeisenä tavoitteena on ollut siirtää paalutusohjeet eurokoodiaikaan. Paalutusohje on jaettu kahteen osioon. Paalutusohjeen osassa 1 käsitellään suunnittelun perusteita, jonka erityisenä tarkoituksena on edistää tuotekehitystä. Paalutusohjeen osassa 2 esitetään paalutuksen toteutuksen laatuvaatimukset sekä suunnittelua varten paalutustyyppikohtaiset ohjeet. (RIL 2011,3.)

### 2.1 Paalutustyöluokka

Paalutusohjeen julkaisun yhteydessä paalutustyö on jaettu tehtäväksi kolmeen paalutustyöluokkaan PTL3...PTL1, joista PTL 3 on kaikkein vaativin. Paalutustyöluokka on toteutuksen huomioiva luokitus, joka määräytyy kohteen seuraamusluokan ja geoteknisen luokan perusteella. (RIL 2011,3.) Asiaa on esitetty tarkemmin teoriakoulutuksen koulutusmateriaalissa, joka on tämän opinnäytetyön liitteenä 1. Ennen paalutusohje PO-2011:sta on käytössä olleet paalutusluokat III, II ja I, joista vaativin on ollut I, joka on jaettu paalujen kantavuuden ja paalutuksen tarkastustoimenpiteiden perusteella vielä alaryhmiin IB ja IA. (RIL 2007, 79–82).

### 2.2 Paaluttajalle asetettavat vaatimukset

Paalutusohje PO-2011 asettaa paalutustyön tekijöille vaatimukset tarvittavasta koulutuksesta ja työkokemuksesta, joita Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen paalutustoimikunta tarvittaessa tarkentaa tai päivittää. Rakennustyön valvontaa käsitellään erikseen Suomen rakentamismääräyskokoelmassa A 1 Rakennustyön valvonta. (RIL 2011,192.)

Paalutusohjeen PO-2011 mukaan paalutustyönjohtajalla vaaditaan yleensä useamman vuoden pituista käytännön kokemusta paalutustyöstä ja riittävää

teoreettista tietoa. Käytännössä teoreettista tietoa katsotaan olevan henkilöllä, jolla on teknillisen oppilaitoksen tai ammattikorkeakoulun rakennusalan tutkinto tai on osallistunut alan koulutuksiin tai on esimerkiksi tehnyt käytännön paalutustöitä ja hankkinut paalutustöissä tarvittavat perustiedot. Paalutustyöluokassa 3 paalutustyönjohtajan tulee olla lisäksi yksityiskohtaisesti perehtynyt kulloinkin käytettäviin toimenpiteisiin. (RIL 2011,192–193.)

Paalutusohjeen PO-2011 mukaan paalutuskoneen käyttäjältä vaaditaan ammatillista pätevyyttä tai riittävää kokemusta ja perehdytystä paalutuskalustosta ja paalutusmenetelmästä. Paalutuskoneen kuljettajan tulee tietää paalutuksen syy rakennuskohteessa, perusteet miksi tiettyä paalutusmenetelmää käytetään sekä tietää paalutustyön laadun vaikutukset seuraaviin työvaiheisiin ja lopulliseen rakenteeseen. Tällä taataan paalutustyön turvallisuuden ja laatuvaatimusten täyttyminen. (RIL 2011,193.)

Paalutusohjeen PO-2011 mukaan paalutuskoneen käyttäjän tulee osoittaa paalutustyöluokan 3 töissä pätevyytensä tarkoitukseen sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella. Tämän lisäksi käyttäjältä vaaditaan vähintään viiden vuoden kokemusta paalutustyöstä, josta vähintään kolme vuotta tulee olla paalutuskoneen käyttäjänä. (RIL 2011,193.)

Paalutusohjeen PO-2011 mukaan paalutuskoneen käyttäjältä vaaditaan paalutustyöluokan 2 töissä vähintään vuoden kokemusta paalutustyöstä sekä paalutustyön johtajan pätevyyden omaavan henkilön antamaa todistusta, jolla osoitetaan riittävä kokemus ja tietojen riittävyys. Pätevyys voidaan myös vaihtoehtoisesti osoittaa sopivalla näyttötutkinnolla tai koulutuksesta saadulla todistuksella. (RIL 2011,193.)

Paalutusohjeen PO-2011 mukaan paalutuskoneen käyttäjältä vaaditaan paalutustyöluokan 1 töissä riittävää tietoa paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä (RIL 2011,193).



## 3 URAKOITSIJOIDEN HAASTATTELUT

Pätevyitysmiskoulutuksen teoriakoulutuksen koulutusmateriaalin sisällön ja aiheiden painotuksia varten haastateltiin muun muassa Turun Siirtomurske Oy:tä sekä Kantolan Paalutus Oy:n paalutustyönjohtajia sekä paalutuskoneiden käyttäjiä.

### 3.1 Uusi paalutuskoneen käyttäjä

Useimmilla paalutustöitä tekevillä urakoitsijoilla on käytössä yhtä paalutuskonetta kohden itse paalutuskoneen käyttäjä sekä apumies. Paalutuskoneen käyttäjäksi siirrytäänkin useimmiten apumiehen tehtävästä ja taustalla on esimerkiksi kaivinkoneen tai jonkin muun koneen käyttäjän tausta. Uutta paalutuskoneen käyttäjää koulutetaan yleensä yrityksessä vanhemman paalutuskoneen käyttäjien ja työnjohtajien toimesta. Varsinaista aiempaa koulutusta uudelta kuljettajalta ei välttämättä ole vaadittu. Paalutuskoneen käyttäjä tarvitsee käytännön kokemusta, jopa viisikin vuotta paalutustyön oppimiseksi.

### 3.2 Vastuut paalutustyöstä

Suurimmilla yrityksillä on erikseen paalutustyötä johtava paalutustyönjohtaja. Suurin vastuu itse paalutustyön laadusta ja työturvallisuudesta on kuitenkin paalutuksen tekevillä henkilöillä vaikka tästä paalutustyönjohtaja viime kädessä vastaakin. Useimmilla yrityksillä paalutustyönjohtaja ei välttämättä ole koko paalutustyön ajan työmaalla, vaan voi vastata useammasta työmaasta yhtä aikaa. Tämän takia onkin tärkeää, että paalutustyön tekevät henkilöt ymmärtävät ja sisäistävät laatuun ja työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät, sekä näitä noudatetaan, jopa ilman valvontaa.

### 3.3 Urakoitsijoiden mielipiteitä

Haastatelluista yrityksistä kaikki olivat sitä mieltä, että paalutuskoneiden käyttäjille järjestettävä pätevöimiskoulutus on ainoastaan hyvä asia. Pätevöimiskoulutuksessa pyydettiin paneutumaan erityisesti työturvallisuuteen sekä paalutusalustan kantavuuteen. Paalutuskoneet ovat hyvin raskaita ja Suomessakin on kaatunut useampia paalutuskoneita, joissa osassa on tapahtunut myös henkilövahinkoja. Paalutuskoneiden kaatumiset johtuvat yleensä paalutusalustan epästabiilisuudesta tai maaston muodoista, kuten kaivannoista. Onnettomuuksia on sattunut kokeneillekin paalutuskoneen käyttäjille.

Yleiseksi ongelmaksi todettiin myös puutteelliset pohjatutkimukset ja tämän takia varsinkin teräsbetonipaaluja asennettaessa arvioidut paalujen pituudet eivät välttämättä pidä paikkaansa. Paalut jäävät joko liian pitkiksi tai sitten paalu joudutaan apupaalua apuna käyttäen asentamaan niin sanotusti uppopaaluiksi, joka joudutaan kaivamaan esiin ja jatkamaan muulla keinoin. Tämä asia on nähtävissä esimerkiksi kuvasta 1. Pohjatutkimusten puutteellisuus johtuu yleensä kairauspisteiden vähäisestä määrästä. Tilaaja yrittää saada säästöä pohjarakennuskustannuksista kairauspisteiden määrää vähentämällä. Sama pätee teräsbetonipaalujen kalliojärkien säästeliäässä käytössä. Lohkareisessa maassa teräsbetonipaalu voi katketa, mikäli kalliojärkeä ei käytetä, jonka takia katkenneen paalun viereen joudutaan pohjarakennesuunnittelijan suunnitelmien mukaisesti asentamaan uusi paalu.



Kuva 1. Teräsbetonipaaluja asennettuna.

## 4 TEORIAKOULUTUS

### 4.1 Tavoite ja lähtötiedot

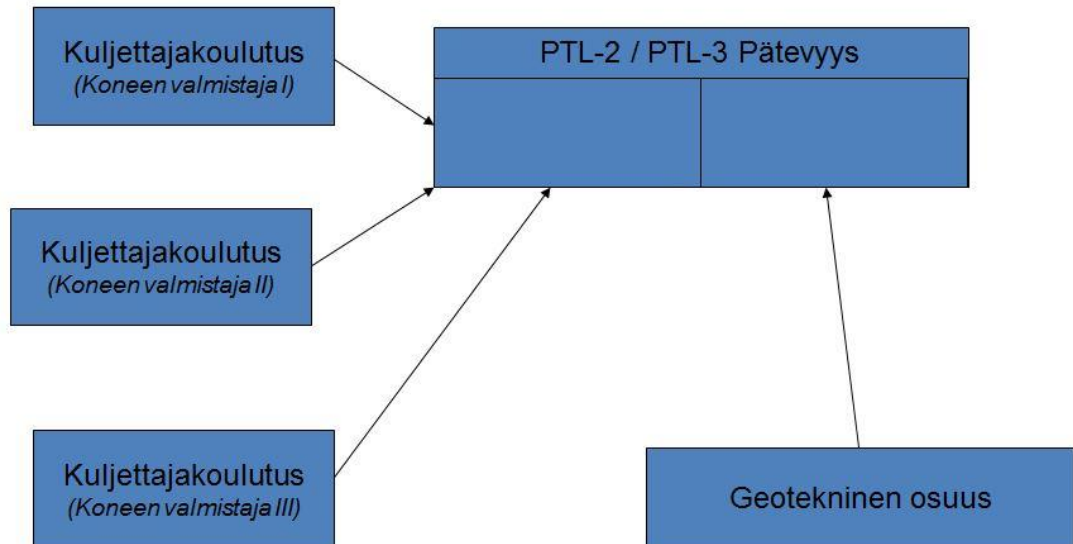
Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa paalutusohjeen PO-2011 mukaisesti paalutuskoneen käyttäjille paalutustyöluokan 3 töissä vaadittuun pätevyyden osoittavaan koulutukseen teoriakoulutuksen koulutusmateriaali. Myös paalutustyöluokan 2 töissä tarvittavan pätevyyden voi osoittaa koulutuksesta saadulla todistuksella.

Pätevöimiskoulutuksen tultaisiin mahdollisesti järjestämään Turun ammattikorkeakoulun toimesta tai yhteistyönä toisten toimijoiden kanssa. Pätevöimiskoulutuksen teoriakoulutuksessa itseopiskelun osuus olisi noin yksi kuukausi ja lähiopetusta olisi yhden päivän verran. Teoriakoulutuksen lopuksi järjestettäisiin kirjallinen kuulustelu, joka tulisi hyväksytysti suorittaa. Pätevöimiskoulutuksen teoriaosuuden koulutusmateriaalin valmistuttua hanketta viedään ja kehitetään eteenpäin ainakin Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen ja Turun ammattikorkeakoulun toimesta.

Paalutuskoneen käyttäjille tultaisiin myös järjestämään teoriakoulutuksen lisäksi paalutuskoneiden ja laitteiden valmistajien toimesta käytännönkoulutusta. Käytännönkoulutuksissa perehdyttäisiin valmistajien tarjoamiin kalustoihin sekä kalustolla tehtäviin paalutusmenetelmiin. Esimerkiksi Junttan Oy on valmistellut paalutuskoneidensa käyttäjille kuljettajakoulutuksen, joka yhdessä teoriakoulutuksen kanssa antaisi pätevyyden toimia koulutetun paalutusmenetelmän paalutustyöluokan 2 ja 3 töissä Junttan Oy:n paalutuskoneen käyttäjänä, mikäli vaatimusten mukainen työkokemus täyttyy. Tämä on havainnollistettu paremmin Junttan Oy:n kuviosta 1, jossa geotekninen osuus tarkoittaa pätevöimiskoulutuksen teoriakoulutusta.

**Junttan**

## Kuljettajakoulutus/sertifiointijärjestelmä



Kuvio 1. Junttan Oy:n kuljettajakoulutus/sertifiointijärjestelmä.

### 4.2 Suunnittelu

Paalutuskoneen käyttäjän koulutuksen sisältöä ja rakennetta on suunniteltu yhdessä Turun ammattikorkeakoulun, Junttan Oy:n ja Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen paalutustoimikunnan kanssa. Tapaamisia järjestettiin vuoden 2012 syksystä lähtien Tampereella Tampereen teknillisen yliopiston toimitiloissa. Turun ammattikorkeakoulun pätevöimiskoulutuksen työstämisen aloittamisen kanssa samaan aikaan Junttan Oy alkoi työstää omaa kuljettajakoulutustaan.

## 5 TEORIAKOULUTUKSEN SISÄLTÖ

Koulutusmateriaalin sisältö johdattelee paalutusohjeen PO-2011osan 2: paalutusohjeen sisältöä, mutta on eri järjestyksessä koulutettavuuden parantamisen takia. Koulutusmateriaaliin on myös lisätty tarpeellista yleistietoa, jota paalutusohje PO-2011 ei käsittele. Tarkemmin sisältö on nähtävissä opinnäytetyön liitteessä 1.

### 5.1 Johdanto

Johdannossa käydään läpi pätevimiskoulutuksen tavoite, paalutuksen tarkoitusta sekä yleisiä käsitteitä, jotka paalutuskoneen käyttäjän tulee tietää.

### 5.2 Paalutustyöluokka

Paalutustyöluokassa käydään läpi paalutustyöluokat ja tähän vaikuttavat tekijät. Paalutuskoneen käyttäjän tulee tietää mitä paalutustyöluokat tarkoittavat ja mistä nämä koostuvat. Paalutuskoneen käyttäjän tulee olla tietoinen työmaakohtaisesti paalutustyöluokasta sekä vaatimuksista, joita heille ja paalutustyölle asetetaan paalutustyöluokan mukaisesti.

### 5.3 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimukset -osiossa käydään läpi perusperiaatteet pohjatutkimuksesta ja yleisesti käytössä olevista kairausmenetelmistä sekä niiden käyttövalinnoista. Paalutuskoneen käyttäjän tulee tietää paalutuksen syy, joten pohjatutkimus on asiana hyvä käydä läpi ainakin periaatetasolla teoriakoulutuksessa.

#### 5.4 Paaluttajalle asetettavat vaatimukset

Koulutusmateriaalissa käydään vaatimukset läpi voimassa olevan paalutusohjeen PO-2011 vaatimusten mukaisesti. Paalutuskoneen käyttäjän tulee tietä mitä vaatimuksia paalutustyöntekijöille on asetettu paalutustyöluokkien mukaisesti, sekä mitä paalutustyönjohtajalta vaaditaan.

#### 5.5 Paalutuskalusto ja menetelmät

Koulutusmateriaalissa käydään läpi yleisesti Suomessa käytössä olevat paalutuskalustot ja -menetelmät. Paalutusmenetelmät olisi hyvä käydä läpi varsinkin paalutustyöluokan 3 työtä tekeville henkilöille paalutusmenetelmäkohtaisesti ennen käytännön koulutusta. Paalutuskalusto tulee tutuksi käyttäjille käytännön koulutuksen yhteydessä.

#### 5.6 Paalutyypit

Koulutusmateriaaliin on jaettu erikseen maata syrjäyttävät ja maata syrjäyttämättömät paalutyypit. Samoin kuin kohdassa 5.5 paalutyypit olisi hyvä käydä paalutustyöluokan 3 työtä tekeville henkilöille vielä tarkemmin läpi ennen käytännön koulutusta.

#### 5.7 Paaluvarusteet

Osiossa käydään läpi Suomessa yleisesti käytössä olevat paaluvarusteet yksityiskohtaisemmin. Paaluvarusteet on jaettu lyötäviin pieniläpimittaisiin teräsputkipaalujen varusteisiin, porattaviin pieniläpimittaisiin teräsputkipaalujen varusteisiin, lyötäviin suuriläpimittaisiin teräsputkipaaluihin sekä teräsbetonipaalujen varusteisiin. Suuriläpimittaisilla teräsputkipaaluilla ei erikseen ole paaluvarusteita. Hitsatut jatkokset käydään läpi paalujen jatkamisessa.

## 5.8 Paalujen varastointi ja käsittely

Osiossa käydään läpi erikseen teräsputkipaalujen ja teräsbetonipaalujen varastointi ja käsittely. Teräsputkipaalujen ohjeistus perustuu materiaalin toimittajan Ruukki Oyj:n materiaaliin ja teräsbetonipaalujen osalta Rakennusteollisuus RT:n ja Betoniteollisuus ry:n ohjeeseen.

## 5.9 Paalutustyö

Osiossa käydään läpi toteutussuunnitelma ja sen sisältöä, työturvallisuutta ja paalutusalustaa. Erityisiä huomioita on kiinnitetty työturvallisuuden tärkeimpiin tekijöihin sekä paalutusalustaan ja tämän kantavuuteen mitoittamiseen vaikuttaviin tekijöihin.

## 5.10 Paalujen jatkaminen

Paalujen jatkaminen käydään erikseen läpi teräsbetonipaalujen ja teräsputkipaalujen osalta. Teräsputkipaalujen jatkaminen on jaettu mekaanisiin liitoksiin ja hitsattaviin liitoksiin.

## 5.11 Paalujen vaikutus ympäristöön

Osiossa käydään läpi ympäristön asettamat vaatimukset paalutustyölle, maan siirtyminen ja syrjäytyminen, maan häiriintyminen, huokosvedenpaineen nousu ja paineellinen pohjavesi, maan tiivistyminen tai löyhtyminen sekä tärinä ja melu.



## 5.12 Paalujen sijoitus

Osiossa käsitellään katkaisutaso, keskiöetäisyydet, paaluanturan reunan etäisyys paalusta, paalujen etäisyydet muista rakenteista, paalujen kaltevuudet sekä sallitut sijaintipoikkeamat.

## 5.13 Paalutustyöndokumentointi

Osiossa käydään paalutuskoneen käyttäjälle läpi esimerkki paalutuspöytäkirjoja apuna käyttäen yksityiskohtaisesti paalutuspöytäkirjan käyttö ja täyttäminen. Lisäksi kerrotaan mitä muita dokumentteja paalutuspöytäkirjan lisäksi tarvitaan.

## 5.14 Laadunvalvonta, seuranta- ja mittaustarkastelu ja testaus

Osiossa käydään läpi maata syrjäyttävien ja maata syrjäyttämättömien osalta erikseen. Testauksessa kerrotaan mitä koekuormituksiin kuuluu ja milloin niitä käytetään.

## 5.15 Lähteet

Koulutusmateriaalissa on käytetty lähteinä paalutusohjeita, Raimo Jääskeläisen julkaisuja Pohjarakennuksen perusteet sekä Geotekniikan perusteet. Lähteinä on käytetty myös paalujen valmistajilta saatavana olevia materiaaleja. Multimedia on osittain itse kuvattua tai muista lähteistä lainattuja. Materiaalia on kerätty myös muun muassa Ruukin Teräspaalutuspäiviltä sekä Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen järjestämiltä Paalutuspäiviltä, sekä muilta alan asiantuntijoilta. Koulutusmateriaaliin on merkattu vasempaan alakulmaan tekstien ja multimediodien lähteet. Koulutusmateriaali on tämän opinnäytetyön liitteenä 1.

## 6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön aiheena oli toteuttaa paalutuskoneen käyttäjien pätevöimiskoulutuksen teoriakoulutukseen koulutusmateriaali Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen ja Turun ammattikorkeakoulun käyttöön. Haasteeksi koulutusmateriaalin työstössä ilmaantui pedagoginen tiedon ja taidon puute, ajankäytön hallinta sekä itse aiheen vieraus. Turun ammattikorkeakoulun talonrakennustekniikan koulutusohjelma ei juurikaan sisällä kursseja, jotka käsittelisivät itse paalutustyötä.

Urakoitsijoiden haastattelujen ja työmaakäyntien avulla paalutustyöhön ja siinä huomioitaviin asioihin tutustui parhaiten. Paalutustyö on monialainen niin paalutusmenetelmien kuin paalutuskalustonkin osalta. Eri urakoitsijat ovat myös selvästi perehtyneet tiettyihin paalutusmenetelmiin ja paalutyyppeihin sekä tietyn kokoisiin urakoihin tai tietyt menetelmät ovat vasta kokeiluasteella.

Kaikkein parhaimman kuvan paalutuskoneen käyttäjien tietotaidon tasosta sekä koulutuksen tarpeesta sai itse kohderyhmää haastatteleamalla työmaakäyntien aikana. Työmaakäynneillä ja työtä seuratessa pystyi myös kiinnittämään huomioita työturvallisuuteen, paalutusolosuhteisiin, paalutusalueistaan sekä pohjatutkimusten laatuun. Pohjatutkimuksen laadussa eli kairauspisteiden määrän lisäämisessä olisi monessa kohteessa paljon parannettavaa.

Koulutusmateriaali on tehty siten, että teoriakoulutuksen pitäjä voi halutessaan muuttaa, täydentää tai karsia sitä. Tavoitteena oli tehdä koulutusmateriaalista ns. liian kattava. Materiaalin poistaminen on lisäämistä helpompaa. Koulutusmateriaali on pyritty tekemään mahdollisimman nykyaikaiseksi. Valitettavasti tähän tarkoitukseen sopivaa videomateriaalia ei ole valmiina käytettävänä, eikä tämän opinnäytetyön ajankäytön puitteissa ollut mahdollista. Videoilla olisi pystytty havainnollistamaan tiettyjä asioita vielä paremmin.

Toivottavaa on, että koulutusmateriaalia kehitetään ja muokataan käyttötarvetta vastaavaksi ja koulutuksen pitäjän tyylin mukaiseksi. Tämä työ on yksi askel kohti pätevöimiskoulutuksen järjestämistä.

## LÄHTEET

SGY 2014. Viitattu 11.3.2014 <http://www.getunderground.fi/>

RIL 230-2007 Pienpaalutusohje, PPO-2007. 2007. Teräksiset lyönti-, pora- ja puristuspaalut. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.

RIL 254-2011 Paalutusohje 2011, PO-2011. 2011. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.



Olli Rahkala  
**PAALUTUSKONEEN  
KÄYTTÄJÄN  
PÄTEVÖIMISKOULUTUS  
- teoriakoulutus**



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



# JOHDANTO



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## PÄTEVÖIMISKOULUTUKSEN TAVOITE

- Parantaa paalutuskoneen käyttäjien ammatillista pätevyyttä
- Yhtenäistää urakoitsijoiden toimintatapoja
- Paalutustyön laadun ja turvallisuuden parantaminen



## MIKSI PAALUPERUSTUKSIA KÄYTETÄÄN?

Paaluperustuksia käytetään, jos rakennuksen tai rakenteen perustaminen maan varaan ei painumien, siirtymien, kiertymien tai jonkun muun syyn, kuten ympäristössä olevien rakennusten sijainnin tai perustustapojen vuoksi ole mahdollista.

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET

## YLEISIÄ KÄSITTEITÄ

### PAALUN GEOTEKNINEN KANTAVUUS

- Mitoitusarvo, joka saadaan huomioimalla sekä varmuus maapohjan murtumista vastaan että sallitut painumat

### PAALUN RAKENTEELLINEN KANTAVUUS

- Mitoitusarvo, joka saadaan huomioimalla varmuus sekä paalun rakenteellisista murtumista vastaan että paalun sallitut muodonmuutokset

### PAALUN KANTAVUUS

- Paalun pituusakselin suuntainen kantavuus ja se on enintään yhtä suuri, kuin pienempi geoteknisestä tai rakenteellisesta kantavuudesta

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET

## PAALUTUSTYÖLUOKKA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## PAALUTUSTYÖLUOKAT

- PTL1 – PTL3
- Paalutustyöluokka määräytyy kohteen seuraamusluokan (CC1-CC3) ja geoteknisen luokan (GL1-GL3) perusteella
- Paalun rakenne määräytyy tavanomaiset kuormitus- ja rasiustilat huomioivan paalutustyöluokan perusteella

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## GEOTEKNISET LUOKAT

- |                             |     |
|-----------------------------|-----|
| • Helpot kohteet            | GL1 |
| • Vaativat kohteet          | GL2 |
| • Erittäin vaativat kohteet | GL3 |

## PAALUTUSTYÖLUOKKIEN MÄÄRÄYTYMINEN

Paalutustyöluokat PTL1, PTL2 ja PTL3 tavanomaisessa rakentamisessa.

Geotekninen luokka	Seuraamusluokka, ks. SFS-EN 1990		
	CC1	CC2	CC3
GL1*	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)
GL2	PTL1...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3
GL3	PTL2...(PTL3)	PTL2...(PTL3)	PTL3

\*ei ole yleensä paaluttamista edellyttävä kohde

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	<b>Suuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	<b>Keskisuuret</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennus)
CC1	<b>Vähäiset</b> seuraamukset hengenmenetysten <i>tai</i> pienten <i>tai</i> merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
SFS-EN 1990

## GL1 KUULUVAT RAKENTEET

- Perustusvaatimusten täytyminen voidaan varmistaa kokemuksen ja kvalitatiivisten geoteknisten tutkimusten avulla
- Ei aiheudu merkittäviä riskejä
- Rakennuspaikka on tyypillisesti kallio- tai moreenialueella tai karkearakeisten maalajien alueella

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011





## GL2 KUULUVAT RAKENTEET

- Vaaditaan tavallisesti kvantitatiivisia geoteknisiä lähtötietoja ja analyysyjä
- Ei liity tavanomaisesti poikkeavia riskejä tai epätavallisia tai erikoisen vaikeita pohja- tai kuormitusolosuhteita
- Paalutuskohde kuuluu geotekniseen luokkaan 2 perustettaessa paaluilla rakennuksia, joissa on pysyvää asumiseen tai työskentelyyn tarkoitettuja tiloja tai perustettaessa vaativia rakenteita

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

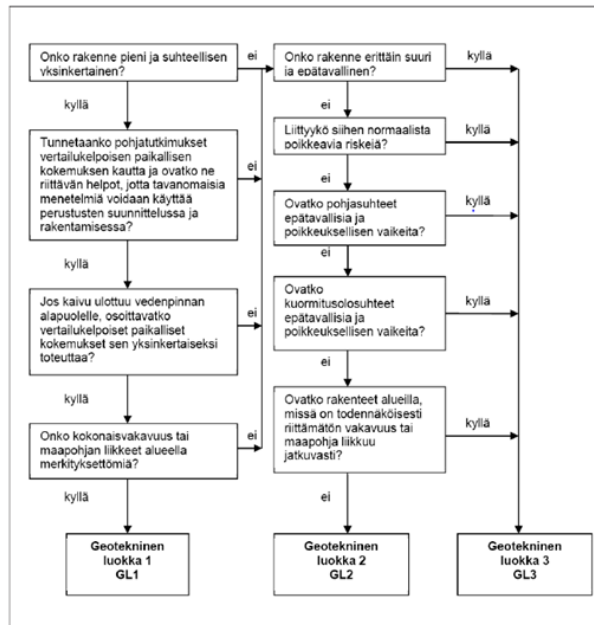


## GL3 KUULUVAT RAKENTEET

- Erittäin suuret tai epätavalliset rakenteet
- Rakenteet, joihin liittyy normaalista poikkeavia riskejä tai joissa on epätavallisen tai poikkeuksellisen vaikeita pohja- tai kuormitusolosuhteita
- Rakenteet alueilla, missä todennäköisesti riittämätön vakavuus tai jatkuva maapohjan liikkuminen edellyttävät erillisiä tutkimuksia tai erityistoimenpiteitä

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## GEOTEKNISEN LUOKAN VALINTA



LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## POHJATUTKIMUKSET



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

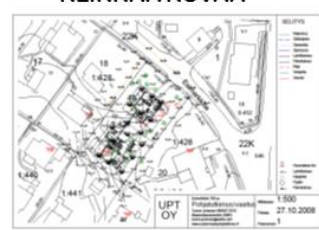
[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## POHJATUTKIMUS

Pohjatutkimus nimityksellä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka sisältää

- Rakennusalueen kartoituksen
- Vaaituksen
- Varsinaiset pohjatutkimukset

KLIKKAA KUVAA



LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET

## POHJATUTKIMUKSEN TAVOITE

Tavoitteena on selvittää maaperäolosuhteet, jotta perustaminen ja tarvittavat pohjarakennustyöt voidaan luotettavasti suunnitella ja turvallisesti toteuttaa

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET



## KAIRAUSMENETELMÄN VALINTA

Kairausmenetelmien valintaan ja kairausten laajuuteen vaikuttaa mm.

- Paalun toimintatapa (koheesio-, kitka- tai tukipaalu)
- Paalun kärjen tukeutumistaso
- Paalutyyppi
- Mahdollinen jälki-injektointi
- Pohjaolosuhteiden vaihtelut

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET



## PAINOKAIRAUS



- Yleisin suomessa käytetty kairausmenetelmä
- Antaa perustietoa maaperästä pehmeiköltä lähtien aina keskittiiviisiin moreeneihin asti
- Ei sovellu tiiviiden ja kivisten maiden tutkimiseen
- Kairaa painetaan maahan painoilla ja kiertämällä
- Nykypäivänä kairaus suoritetaan yleensä monitoimikairalla

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, GEOTEKNIKAN PERUSTEET



## HEIJARIKAIRAUS



- Soveltuu tiiviiden kivettömien maiden pohjatutkimukseen
- Perustuu kairatankojen jatkuvaan lyömiseen mistä syystä sillä pystytään kairautumaan syvemmälle tiiviiseen maakerrokseen kuin painokairauksella
- Nykypäivänä kairaus suoritetaan yleensä monitoimikairalla

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, GEOTEKNIKAN PERUSTEET



## PORAKONEKAIRAUS TANGOILLA



- Käytetään, kun kallionpinnan sijainnista tarvitaan varma tieto
- Tarvitaan yleensä lohkaraisissa maissa
- Nykypäivänä kairaus suoritetaan yleensä monitoimikairalla

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, GEOTEKNIKAN PERUSTEET

## PURISTINKAIRAUS ▾

- Käytetään kivettömissä ja pehmeissä maissa
- Ei sovellu soraan karkeampiin maihin
- Standardoitua kärkikappaletta puristetaan vakionopeudella maahan ja mitataan voimia, joita kullakin syvyydellä tähän tarvitaan
- Puristinkairauksilla saadaan luotettavampaa tietoa kuin painokairauksella
- Nykypäivinä puristinkairaus suoritetaan yleensä monitoimikairaamiseen liitettyä yksiköllä

LÄHDE: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, GEOTEKNIKAN PERUSTEET

## SUOSITELTAVAT KAIRAUSMENETELMÄT ERI GEOTEKNISISSÄ LUOKISSA

	GL1	GL2	GL3
LYÖNTIPAALUT	● ●	● ● ○	● ● ○
PURISTUSPAALUT	● ●	● ● ▽	● ● ○ ▽
PORAPAALUT	○	● ● ○	● ● ○
KAIVINPAALUT	●	● ● ○	● ▽
RUUVIPAALUT	●	● ▽	

PAINOKAIRAUS	●
HEIJARIKAIRAUS	●
PORAKONEKAIRAUS	○
PURISTINKAIRAUS	▽

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

KLIKKAA KUVAA



LÄHDE: SUOMEN GEOTEKNINEN YHDISTYS RY, POHJATUTKIMUSMERKINNÄT

## PAALUTTAJALLE ASETETTAVAT VAATIMUKSET



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## YLEISET VAATIMUKSET

Paalutustyön työntekijöillä ja valvojilla tulee olla koulutus työhön ja kokemus siitä. Rakennustyön valvontaa on käsitelty

[Suomen rakentamismääräyskokoelmassa A 1 Rakennustyön valvonta.](#)

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## PAALUTUSTYÖNJOHTAJA

Paalutustöitä johtaa tehtävään nimetty, vastuullinen paalutustyönjohtaja, joka voi olla rakennustyön vastaava työnjohtaja tai talonrakennuspuolella erikseen rakennustarkastuksen tai infrarakennuspuolella ao. viranomaisen hyväksymä erityisalan työnjohtaja



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVA: RUUKKI OYJ



## PAALUTUSKONEEN KÄYTTÄJÄ

### PTL3

- Näyttötutkinto/koulutuksesta saatu todistus
- 5 v. Kokemus paalutustyöstä, josta väh. 3 v. paalutuskoneen käyttäjänä

### PTL2

- Väh. 1 v. kokemus paalutustyöstä
- Riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyönlaatuun vaikuttavista tekijöistä
- Osoitus paalutustyönjohtajan pätevyyden omaavan henkilön antamalla todistuksella/näyttötutkinto tai koulutuksesta saatu todistus

### PTL1

- Riittävät tiedot paalutuskoneesta ja sen käytöstä ja paalutustyön laatuun vaikuttavista tekijöistä

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## PAALUTUSKALUSTO JA -MENETELMÄT



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## LYÖNTIPAALUTUSKALUSTO

- Pudotus- ja hydraulijärkäleet
- Dieseljärkäleet
- Paineilmavasarat
- Hydraulivasarat
- Täryttimet

## PUDOTUSJÄRKÄLEET

- Yleensä vaijeriripusteisia
- Järkäle nostetaan vinssillä vaijerin varassa haluttuun pudotuskorkeuteen
- Vaijeri vapautetaan ja järkäle sekä vaijeri putoavat paalun päällä olevaan iskutyynyyn tai -kappaleeseen



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVA: TURUN KAUPUNKI

## HYDRAULIJÄRKÄLEET

- Yksi- tai kaksitoimisia
- Yksitoimisessa järkäle nostetaan hydraulisesti ja pudotetaan tyhjentämällä sylinteri
- Kaksitoimisessa järkäle nostetaan ja lasketaan hydraulisesti



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVVA: JUNTTAN OY

## DIESELJÄRKÄLEET

- Dieseljärkäleet voivat olla yläpäädä avoimia tai suljettuja
- Soveltuvat suuriläpimittaisten teräspaalujen asentamiseen
- Aiheuttavat muita järkäletyyppiä enemmän melua ja ilmansaasteita



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVVA: www.icausa.com

## PAINAILMA- JA HYDRAULIVASARA

- Soveltuvat pienpaalujen asentamiseen
- Pienpaalujen asennuksessa käytettävä paineilmasasara on kaksitoiminen
- Hydraulivasarat ovat alun perin suunniteltu lähinnä kiven rikkomiseen



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## TÄRYTTIMET

- Mikäli tärytintä käytetään upotukseen, tulee tärytin sijoittaa keskeisesti paalun tai työputken päähän
- Yhdistettyä täry- ja lyöntipaalutusta voidaan myös käyttää. Tärytintä käytetään yleensä paalujen viemiseen maakerrosten läpi ja alkuasennukseen
- Tärytin voi kiinnittyä paalun päähän tai keskelle paalun varrelle

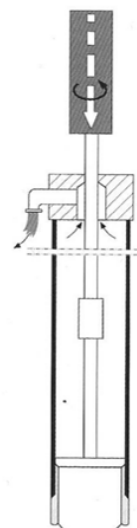
LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## PORAPAALUTUSKALUSTO

- Päättälyövään vasaraan perustuvat laitteet
- Uppovasaraan perustuvat laitteet

## PÄÄLTÄLYÖVÄÄN VASARAAN PERUSTUVAT LAITTEET

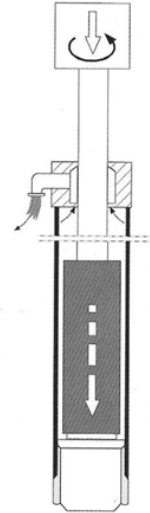
- Poravasara yleensä pneumaattinen (paineilma) tai hydraulinen
- Porauslaitteeseen liittyvät myös hydraulinen pyöritysyksikkö ja poratangot
- Päättälyövällä porauslaitteella voidaan porata halkaisijaltaan enintään n. 200 mm porausputkea



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## UPPOVASARAAN PERUSTUVAT LAITTEET

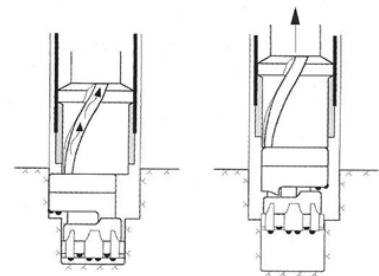
- Poravasara yleensä pneumaattinen tai vesikäyttöinen
- Porauslaitteeseen liittyvät myös hydraulinen pyöritysyksikkö ja poratangot
- Upposasaraan perustuvalla laitteella on mahdollista porata halkaisijaltaan jopa 1 000 mm porausputkea



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
 KUVA: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## EPÄKESKINEN PORAUSMENETELMÄ

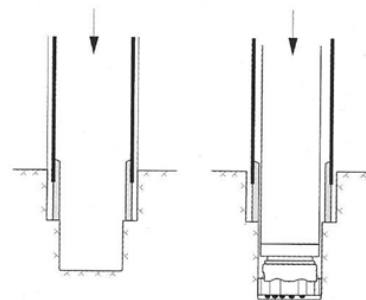
- Soveltuu upposasaraan ja päältätyövään vasaraan perustuvien laitteiden kanssa
- Porausmenetelmässä käytetään pilottikruunua ja tähän kiinteästi liitettävää epäkeskeistä avarrinkruunua
- Avarrinkruunu avartaa pilottikruunun tekemän porareian hieman suuremmaksi kuin porausputken halkaisija



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## EPÄKESKINEN PORAUSMENETELMÄ

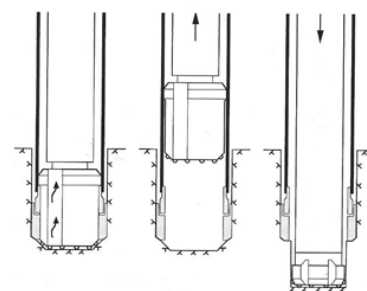
- Porausputki vedetään maahan porakruunun ja porausputken hitsatun maakengän avulla
- Porattava maa-aines huuhdellaan ympäröivään maahan, osa huuhtoutuu porausputken ulkopintaa pitkin ja osa porausputken sisältä
- Porausta voidaan jatkaa erillisellä kallioporausena tai jopa samalla kruunulla



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## KESKINEN PORAUSMENETELMÄ

- Soveltuu uppovasaraan ja päältätyövään vasaraan perustuvien laitteiden kanssa
- Porausputken alapäähän kiinnitetään maakengän välityksellä avarrinkruunu, joka pääsee pyörimään ilman, että porausputki pyörii
- Porausajan aikana avarrinkruunu on lukittuna pilottikruunuun. Porausajan jälkeen pilottikruunu irrotetaan avarrinkruunusta ja nostetaan ylös
- Porausta voidaan jatkaa erillisellä kallioporausena tai jopa samalla kruunulla



LÄHDE: LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

# PAALUTYYPIT



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT

### TERÄSBETONISET LYÖNTIPAALUT

Yleisesti käytettävät koot

250 x 250 mm<sup>2</sup>

300 x 300 mm<sup>2</sup>

350 x 350 mm<sup>2</sup>





## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT

### LYÖTÄVÄT TAI PURISTETTAVAT PIENPAALUT

$\varnothing 30 \text{ mm} \leq d \leq 300 \text{ mm}$



KUVA: RAUTARUKKI OYJ

## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT

### LYÖTÄVÄT SUURILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

$\varnothing d \geq 300 \text{ mm}$



KUVA: TURUN SANOMAT

## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT

### PUUPAALUT

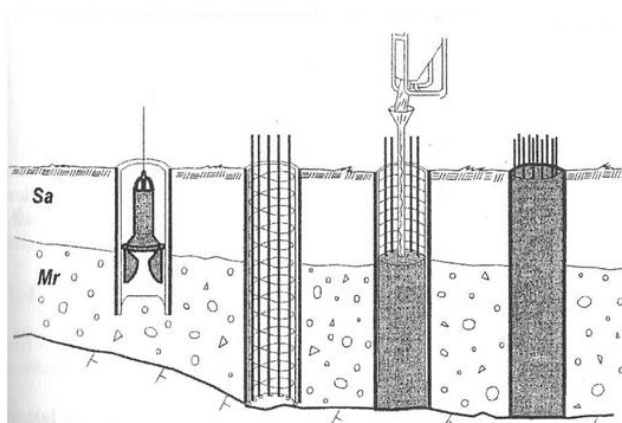
$\varnothing d \geq 150 \text{ mm}$



KUVA: ROADEX

## MAATA SYRJÄYTTÄMÄTTÖMÄT

### KAIVINPAALUT



KUVA: RAIMO JÄÄSKELÄINEN, POHJARAKENNUKSEN PERUSTEET

## MAATA SYRJÄYTTÄMÄTTÖMÄT

### PORATTAVAT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

$\varnothing 30 \text{ mm} \leq d \leq 300 \text{ mm}$



KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## MAATA SYRJÄYTTÄMÄTTÖMÄT

### PORATTAVAT SUURILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

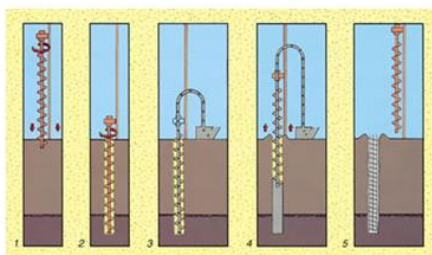
$\varnothing d \geq 300 \text{ mm}$



KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## MAATA SYRJÄYTTÄMÄTTÖMÄT

### CFA-PAALUT



MENETELMÄKUVA: FRANKPILE ASTRALIA  
KUVA: SKANSKA

## PAALUVARUSTEET



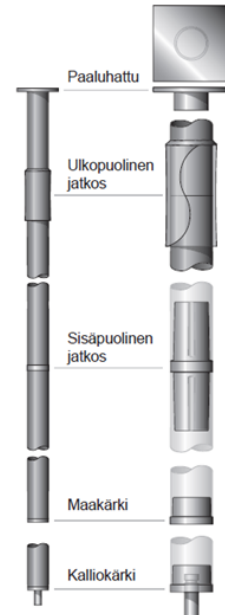
TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## LYÖTÄVÄT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### PAALUHATTU

- Pienpaalun päähän katkaisun jälkeen sijoitettava osa, joka liittää paalun perustukseen ja siirtää kuormat perustukselta paalulle
- Paaluhattu keskitetään paaluvarteen sisäpuolisella holkilla

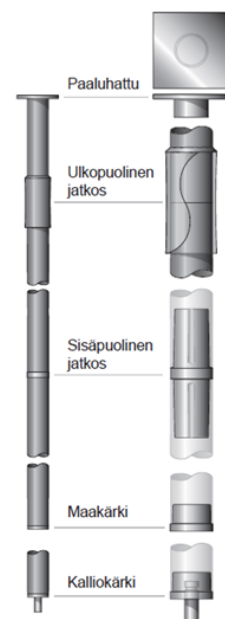


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## LYÖTÄVÄT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### ULKOPUOLINEN JATKOS

- Mekaaninen holkkijatkos, jonka kiinnitys perustuu jatkoskappaleen ja paalun väliseen kartiomuodoista johtuvaan kitkaan
- Ulkopuolinen jatkos voi olla valmiiksi asennettu paaluun jolloin puhutaan paaluelementistä
- Ruukin RR75-RR220 paaluelementeissä jatkos on aina ulkopuolinen kaksoiskartioitu holkkijatkos

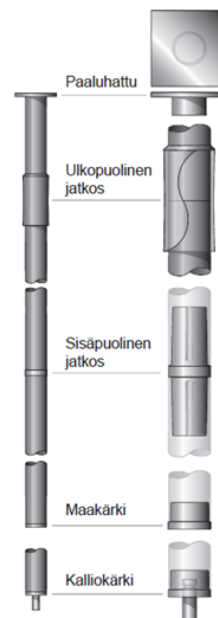


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## LYÖTÄVÄT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### SISÄPUOLINEN JATKOS

- Irrallinen mekaaninenjatkos
- Kiinnitys perustuu jatkoskappaleen ja paalun väliseen kartiomuodoista johtuvaan kitkaan
- Ruukin RR140-RR220 –paaluputkija voidaan tarvittaessa jatkaa sisäpuolisella jatkoksella

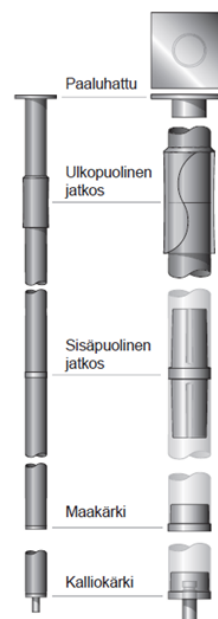


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## LYÖTÄVÄT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### MAAKÄRKI

- Paalun kärki voidaan vahvistaa tai suojata maakärjellä silloin kun, maapohjassa ei ole suuria yli 200 mm kiviä tai lohkareita, ja kun paalun kärki ei tukeudu kallioon
- Maakärki suojaa paalun alaosa vaurioitumiselta asennuksen aikana

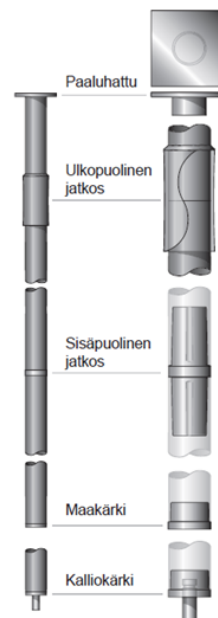


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## LYÖTÄVÄT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### KALLIOKÄRKI

- Suositellaan käytettävän aina kun paalut ulotetaan vinoon kalliopintaan tai kalliopintaan, mikä päällä on ohuet karkearakeiset tai moreenimaakerrokset
- Kalliojärjen avulla paalut läpäisevät paremmin ja suurempana tiiviitä ja kivisiä maakerroksia

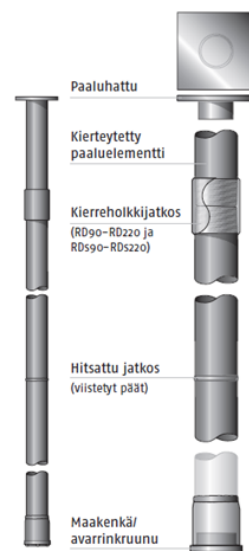


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## PORATTAVAT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### PAALUHATTU

- Pienipaalun päähän katkaisun jälkeen sijoitettava osa, joka liittää paalun perustukseen ja siirtää kuormat perustukselta paalulle
- Paaluhattu keskitetään paaluvarteen sisäpuolisella holkilla

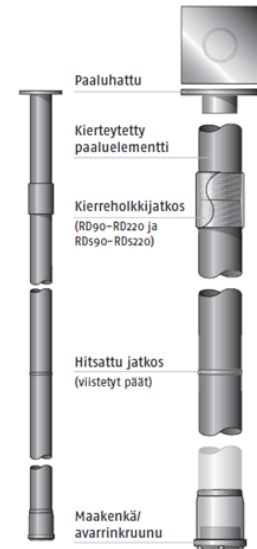


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## PORATTAVAT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### KIERTEYTETTY PAALUELEMENTTI

- Paaluputkeen on tehtaalla tehty kierteytys kierreholkkijatkosta varten

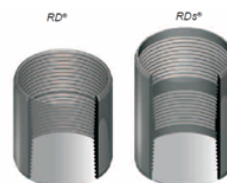


LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## PORATTAVAT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### KIERREHOLKKIJATKOS

- Ruukin RD/RDs 90-RD/RDs220/12,5 voidaan jatkaa ulkopuolisella kierreholkkijatkoksella. RD ja RDs-paalujen jatkosholkkeja ei saa käyttää ristiin
- Uppovasarakalustoa käytettäessä paaluputken ja holkin kierteet ovat vasenkätiset. Päältä lyövää vasaraa käytettäessä oikeankätiset



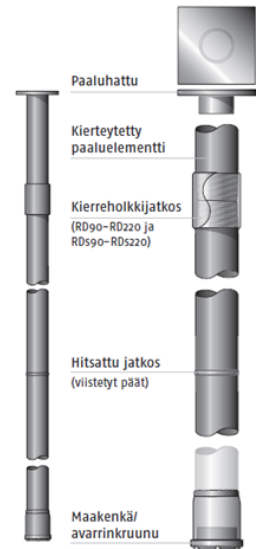
LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ



## PORATTAVAT PIENILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### HITSATTU JATKOS

- Hitsattavaa jatkosta varten paaluputkessa on tehtaalla tehty hitsausviisteet (yleensä 30 astetta)



LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

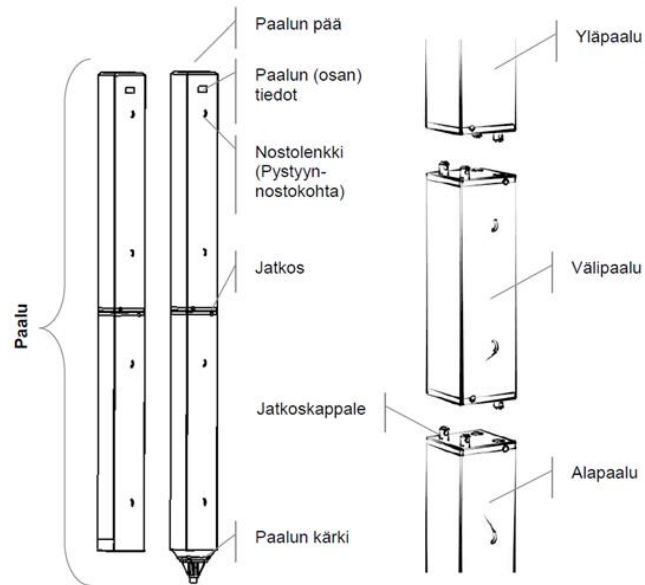
## LYÖTÄVÄT SUURILÄPIMITTAISET TERÄSPUTKIPAALUT

### PAALUKÄRJET



LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ  
KUVA: RAUTARUUKKI OYJ

## PAALURAKENNE TERÄSBETONIPAALUT

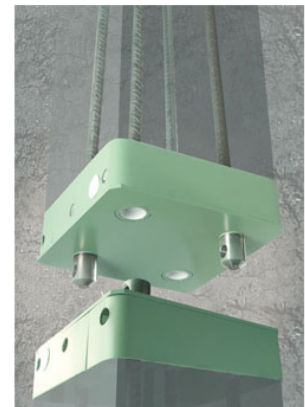


LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY

## TERÄSBETONIPAALUT

### JATKOS

- Jatkosta käytetään, kun paalupisteen syvyys on suurempi kuin yhden paaluelementin pituus
- Jatkosten taivutus- ja vetokestävyys mitoitetaan paalua vastaavaksi ja laskelmat varmennetaan standardin SFS-EN 12794 mukaisilla kuormituskokeilla



LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY  
KUVA: LEIMET OY

## TERÄSBETONIPAALUT

### LYÖNTILEVY

- Käytetään suojaamaan jatkoalua
- Levy asennetaan alapaalussa olevan jatkoksen päälle, jolloin se suojaa jatkoksen lukkokarat lyönnin iskuilta



LÄHDE: LEIMET OY  
KUVA: LEIMET OY

## TERÄSBETONIPAALUT

### MAAKÄRKI

- Paalun kärki voidaan vahvistaa tai suojata maakärjellä silloin kun, maapohjassa ei ole suuria yli 200 mm kiviä tai lohkareita, ja kun paalun kärki ei tukeudu kallioon
- Maakärki suojaa paalun alaosa vaurioitumiselta asennuksen aikana



LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY  
KUVA: LEIMET OY

## TERÄSBETONIPAALUT

### KALLIOKÄRKI

- Keskittää paalun kärkeen kohdistuvat voimat
- Käytetään kun paalu lyödään kallioon tai todennäköiseen kallioon, vinoon kalliopintaan tai kiviseen ja lohkaraiseen maakerrokseen



LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY  
KUVA: LEIMET OY

## PAALUN TIEDOT TERÄSBETONIPAALUT

LPO 2005 mukainen paalu Paalutusluokka IB Poikkileikkaus		TYYPPI <b>LPOIB25</b>	VALUPÄIVÄ <b>190506</b>	Valupäivä Paalu maakärjellä M, kalliojärjellä K
Pituus	5 m	PAALU TAI PAALUN OSA <b>MR</b>	Betoni	Rapid-sementti R, SR-sementti S
Valmistettu tuotelehden 04 mukaan	TUOTELEHTI 04	JÄTKÖS	PAIKKO 775	Paino kg
Paalun valmistanut tehdas	STANDARDI NO.	<b>Rudus</b> NUMMELA		Tuotesertifiointi merkki

LPOIB25 5 m MR190506

Paalun osa	TYYPPI <b>LPOIB25</b>	VALUPÄIVÄ <b>190506</b>	Jatkoksen tyyppi
Pituus	PAALU TAI PAALUN OSA <b>11 m ala MR</b>	Betoni	
Nimi	TUOTELEHTI 04	JÄTKÖS 25 B	PAIKKO 1705
	STANDARDI NO.	<b>Rudus</b> TURKU	

LPOIB25 11 m ala MR190506

KUVA: RUDUS OY

# PAALUJEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## TERÄSPUTKIPAALUT

Paalujen kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä noudatetaan valmistajan ohjetta.

### TURVALLISEN KÄSITTELYN PERUSTEET

- Noudata aina voimassa olevia turvallisuusohjeita ja varmista työmaan erityisvaatimukset ennen työn aloittamista
- Käytä aina kypärää, suojakäsineitä ja suojavaatetusta kun käsittelet teräspaalutuotteita

LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA



## TERÄSPUTKIPAALUT

- Käytä aina hyväksytyjä nostovälineitä tuotteiden siirrossa
- Varmista että liinat ja koukut ovat tukevasti ja varmasti kiinnitetty
- Älä mene tuotteiden alle nostojen ja siirtojen aikana

LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA



## TERÄSPUTKIPAALUT

- Älä käytä sidevanteita tuotteiden nostoon
- Huomioi, että paalunippujen sidevanteet ovat jännitettyjä ja katkaistaessa ne voivat aiheuttaa tapaturmia
- Ole varovainen terävien reunojen ja kulmien käsittelyssä

LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA

## TERÄSPUTKIPAALUT

### TOIMITUKSEN VASTAANOTTO JA TARKASTUS

- Vastaanottotarkastus
- Kuorman purkauspaikan osoitus
- Kulkutien purkupaikalle tulee olla asianmukainen
- Purkupaikan tulee olla kantava ja tasainen sekä riittävän tilava
- Alus- ja välipuita tulee käyttää suositusten mukaisesti



LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA

## TERÄSPUTKIPAALUT

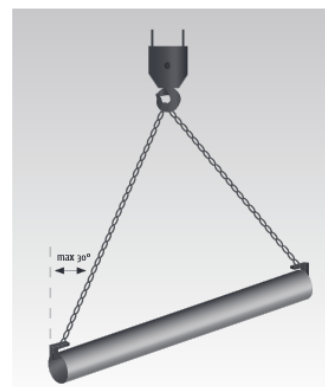
### KUORMAN PURKAMINEN JA SIIRROT

- Huolellinen käsittely, jotta paaluihin ei tule muodonmuutoksia tai vaurioita
- Siirron yhteydessä jokainen nippu on tarkastettava vaurioiden toteamiseksi
- Paalunippujen tarpeetonta purkua ennen paalujen asennusta on vältettävä
- Erityistä huomiota on kiinnitettävä paalujen päiden ja kierteiden kuntoon
- Mahdollisten suojauksien poistoa ennen asennusta on vältettävä

LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA

## TERÄSPUTKIPAALUT

- Ennen kuorman purkua lumi ja jää tulee poista vaaratilanteiden estämiseksi
- Paaluja tai paaluvälineitä ei saa heittää tai vierittää kuormasta maahan
- Paalut on purettava tasaiselle maalle tai tukien varaan rinnakkain
- Nostovälineissä on huomioitava tuotteiden paino ja valmistajan ilmoittamia nosto-ohjeita on noudatettava

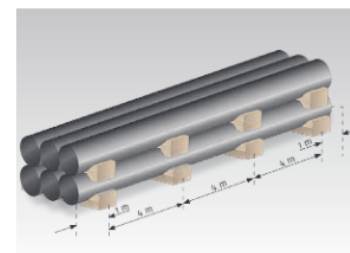
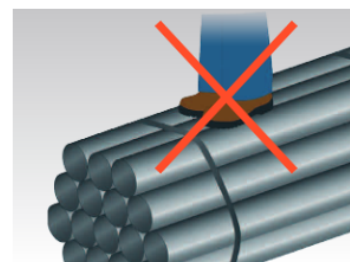


LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA

## TERÄSPUTKIPAALUT

### VARASTOINTI

- Varastointi ja kuljetukset tulee olla suunniteltu etukäteen
- Paalunippujen päällä ei saa missään tilanteessa kävellä
- Tuotteet suositellaan asennettavaksi aluspuiden päälle valmistajan ohjeiden mukaisesti
- Pinnoitettujen paalujen käsittelyyn ja varastointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota



LÄHDE: RAUTARUUKKI OYJ - INFRA



## PAALUJEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TERÄSBETONIPAALUT

Paalujen kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä noudatetaan valmistajan ohjetta

### VARASTOINTI JA KÄSITTELY

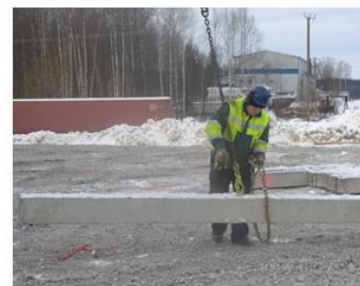
- Paalut ja varusteet varastoidaan ja käsitellään siten, että niihin ei synny vaurioita
- Suositeltavin tapa paalun siirtämiseen työmaalla on nostaa sitä kumpaakin nostolenkkiä ja sallittua ketjujen haarakulmaa käyttäen



LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY

## PAALUJEN VARASTOINTI JA KÄSITTELY TERÄSBETONIPAALUT

- Paalut varastoidaan nostolenkkien kohdalle asetettujen tukien varaan tai tasaiselle maalle rinnakkain. Paalujen varastointia useampaan kerrokseen ei suositella
- Siirrettäessä paalua vetämällä pitää alustan olla tasainen
- Paalu nostetaan pystyyn kiinnittämällä nostoketju kiristyvästi paalun varteen nostolenkin kohdalle. Paalua ei saa nostaa pystyyn nostolenkistä



LÄHDE: RAKENNUSTEOLLISUUS RT, BETONITEOLLISUUS RY



# PAALUTUSTYÖ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## TOTEUTUSSUUNNITELMA

- Paalutustyön toteuttaja laatii ennen paalutustyön aloitusta
- Laaditaan kirjallisena työselostuksena ja kuvina
- Jätetään rakennushankkeeseen ryhtyneen tai hänen edustajansa tarkastettavaksi ennen paalutustyötä



## TYÖSELOSTUS

### TYÖSELOSTUKSESSA MM. KÄSITELTÄVIÄ ASIOITA:

- Kohteen yleiset tiedot, asiakirjaluettelo, paalutustyöluokka
- Materiaalit, kuljetus, varastointi, käsittely, tarkastus
- Mahd. tarvittavat työalustat ja –telineet
- Paalutuskalusto
- Paalujen mittaus- ja hitsaussuunnitelma, katkaisutapa ja toiminta vaurioituneiden osalta

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TYÖSELOSTUS

- Koepaalutus ja paalujen asennusohjeet
- Paalutuspöytäkirjan pitäminen
- Laadunvarmistus- ja tarkastustoimenpiteet asentamisen jälkeen
- Paalutyypikohtaiset erityistoimenpiteet
- Raudoitus ja betonointi

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TYÖSELOSTUS

- Sijainti- ja kaltevuusmittaukset: ajankohta, toleranssit sekä toimenpiteet ylittymisen johdosta
- Katselmukset, työturvallisuus
- Maapohjan ja rakenteiden painuma-, siirtymä- ja värinämittaukset
- Ympäristöhaittojen huomioiminen ja ehkäiseminen

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## LAATUSUUNNITELMA

- PTL2 ja PTL3 toteutussuunnitelmaan laaditaan kirjallinen laatusuunnitelma
- Esitetään geotekniseen suunnitteluraporttiin sisältyvän valvonta- ja seurantasuunnitelman toteuttamistapa (tai ko. valvontasuunnitelman puuttuessa oma laadunvalvontasuunnitelma)

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TYÖMAA-ALUEEN VALMISTELU

- Työmaa-alueen tulee olla riittävän laaja, jotta paalutus voidaan suorittaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa ympäristölle
- Paalutusalueen vakavuus ja tila tulee olla riittävät paalutusalueelle
- Maanalaiset ja maanpäälliset asennukset ja esteet tulee huomioida ja tarvittaessa poistaa

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TYÖTURVALLISUUDESSA KIINNITETTÄVÄ ERITYISESTI HUOMIOITA

- Työvaiheisiin, jotka edellyttävät työntekijöiden työskentelyä raskaiden laitteiden ja työkalujen läheisyydessä
- Avoimien kaivantojen ja avoimena olevien paaluputkien vaarallisuuteen
- Käsintehtäviin työvaiheisiin ja tarkastuksiin, jotka suoritetaan paalukaivannon sisäpuolella
- Paalujen ja raudotteiden nostojen sekä siirtojen suorittamiseen

LÄHDE: SKANSKA, TERO PYSSYSALO, PAALUTUSOHJE 2011 - KOULUTUSTILAISUUS



## PAALUTUSALUSTA

Paalutuslavan minimipaksuudet materiaalin ollessa murske / hiekka

- Teräsputkipaalutuksessa 0,2 m
- Teräsbetonipaaluksessa 0,3 m

Murskeella on hiekkaa parempi kantavuus

- Hiekasta tehtynä paalutuslavan paksuuden oltava n. +10...15% mursketta paksumpi

Kantavuutta voidaan parantaa esim. siirrettävillä lavoilla

LÄHDE: AINO SIHVOLA, PAALUTUSOHJE 2011 - KOULUTUSTILaisuus



## PAALUTUSALUSTA

Paalutuslavan paksuuden mitoittamiseen vaikuttavat mm.

- Paalutuskalusto ja -menetelmä
- Paalutuksen tiheys
- Paalutuslavan materiaalit ja tiiveys

LÄHDE: AINO SIHVOLA, PAALUTUSOHJE 2011 - KOULUTUSTILaisuus

## PAALUTUSALUSTA

- Maastonmuodot ( HUOM! mahdolliset kaivannot)
- Muut mahdolliset tärinät
- Pohjaolosuhteet (pohjatutkimustuloksista)
  - Maalajit
  - Pohjaveden korkeus
  - Huokosvesi

LÄHDE: AINO SIHVOLA, PAALUTUSOHJE 2011 - KOULUTUSTILaisuus

## SIIRRETTÄVÄ LAVA



## PAALUTUSALUSTA

Paalutuskoneiden kaatumiset ovat johtuneet pääsääntöisesti huonosta paalutusalustusta



Lappeenranta, Kauppakatu 1.7.2010

KUVA: ILTALEHTI

## PAALUJEN JATKAMINEN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## TERÄSBETONIPAALUJEN JATKAMINEN

- Alapaalua asennettaessa käytetään jatkoskappaleeseen kiinnitettyä ja sitä suojaavaa lyöntilevyä. Sen paikoillaan pysyminen koko asennustyön ajan on varmistettava
- Alapaalun pää suositellaan jätettäväksi noin puolen metrin korkeuteen maan pinnasta
- Jatkoskappaleiden liitospinnat puhdistetaan täysin puhtaaksi ylimääräisistä aineista



LÄHDE: RUDUS ([www.rudus.fi/betonituote](http://www.rudus.fi/betonituote))

## TERÄSBETONIPAALUJEN JATKAMINEN

- Poistetaan suojatulpat
- Yläpaalu nostetaan alapaalun päälle siten, että jatkoskappaleiden liitospinnat ovat täysin toisiaan vasten
- Lukituselimien sisään lyömiseen käytetään aina lekaa tai ne puristetaan sisään mekaanisella työkalulla



LÄHDE: RUDUS ([www.rudus.fi/betonituote](http://www.rudus.fi/betonituote))

## TERÄSBETONIPAALUJEN JATKAMINEN

- Kaikki lukituselimet asetetaan ensin kevyesti naputellen lukkopesien reikiin jatkoskappaleiden liitospintojen ollessa tarkasti toisiaan vasten
- Lukituselimet lyödään aina vuorotellen paalun pinnan tasoon
- Paalua ei saa taivuttaa pystysuoraksi, jos se jatkamisen jälkeen jatkoksen sallitusta poikkeamasta johtuen on hieman vinossa



LÄHDE: RUDUS ([www.rudus.fi/betonituote](http://www.rudus.fi/betonituote))

## TERÄSPUTKIPAALUJEN JATKAMINEN MEKAANISILLA JATKOKSILLA

- Mekaaniset jatkokset on käyty läpi paaluvälineillä -osiossa
- Liitoselementtien tulee olla SFS-EN 1993-5 vaatimusten mukaisia
- Paalut jatketaan mekaanisilla jatkoksilla valmistajan ohjeiden ja suositusten mukaisesti



LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVA: RUIKKI OYJ

## TERÄSPUTKIPAALUN JATKAMINEN HITSAAMALLA

- Työmaalla tehtäessä joko puikko- tai täytelankahitsauksella
- Hitsaajalla tulee olla SFS-EN 287-1 edellyttämä pätevyys
- Hitsauksen, tarkastuksen ja testauksen tulee täyttää SFS-EN ISO 3834-4 mukaiset vaatimukset



LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVA: INSPECTA

## PAALUTUKSEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## YMPÄRISTÖN ASETTAMAT VAATIMUKSET

- Paalutustyöt on suunniteltava ja tehtävä siten, että ne eivät vaikuta aikaisemmin asennettujen paalujen kestävyyskykyyn, eivätkä aiheuta vahinkoa tai haittaa lähiympäristölle
- Vaurioalttiiden rakenteiden kunto on selvitettävä ennen paalutustyötä pidettävällä katselmuksella



LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011  
KUVA: TURUN SIIRTOMURSKE OY

## MAAN SIIRTYMINEN JA SYRJÄYTYMINEN

- Huomioitava maata syrjäyttävää paalutusta käytettäessä. Paalutyyppi ja -koolla on suuri merkitys
- Avoimina lyötävät paalut toimivat maata syrjäyttämättöminä ennen paalun tulppaantumista karkearakeisessa maakerroksessa
- Maa siirtyy paaluja asennettaessa samanaikaisesti pysty- ja vaakasuunnassa. Syrjäytyminen painottuu yleensä pienemmän vastuksen suuntaan. Vaakasiirtymät ovat suurimmillaan paalutettaessa luiskien ja jo asennettujen paalujen läheisyydessä.

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAAN HÄIRIINTYMINEN, HUOKOSVEDENPAINEN NOUSU JA PAINELLINEN POHJAVESI

- Hienorakeisissa ja eloperäisissä maakerroksissa paalutus aiheuttaa niissä häiriintymistä ja huokosvedenpaineen nousua
- Häiriintyminen ja huokosvedenpaineen nousu heikentävät maan lujuutta. Tämän takia voi aiheutua lähirakenteisen siirtymiä ja painaumia
- Voidaan vaikuttaa paaluprofiileilla, -tyypeillä ja paalutusmenetelmillä
- Paineellisissa pohjavesissä paalutus voi aiheuttaa pysyvän pohjaveden vuodon. Tällaisissa tapauksissa pohjavesi voidaan alentaa etukäteen riittävän pitkäksi aikaa.

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAAN TIIVISTYMINEN TAI LÖYHTYMINEN

- Lyöntipaalua asennettaessa löyhään karkearakeiseen maaperään voi maan tiivistyminen aiheuttaa painaumia
- Porapaalutuksessa maa löyhtyy, mikäli porauksen aikana poistuvan maa-aineksen tilavuus on suurempi, kuin asennettavan porausputken tilavuus

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TÄRINÄ JA MELU

- Paalujen asennus aiheuttaa tärinää ja melua. Tähän voidaan vaikuttaa paalutyypillä ja asennusmenetelmällä tai -kaluston valinnalla.
- Voimakasta maanpinnan heilahtelua voi aiheutua paalutuskoneen liikkeistä pehmeään savikerrosta peittävän kuivakuoren tai routakerroksen päällä

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TÄRINÄ JA MELU

- Vaurioherkässä ympäristössä on tehtävä koepaalutuksia sekä valvottava tärinä- ja melutasoa paalutustyön aikana
- Melutasoa voidaan pienentää melulähde eristämällä tai lyöntipaaluilla sopivan iskutyynyn jousto-osan valinnalla
- Melun yläraja on 80 dB, jonka ylittyessä tulee käyttää kuulonsuojausta

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



# PAALUJEN SIJOITUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## KATKAISUTASO

- Paalujen tulee ulottua vähintään 50 mm paaluanturaan, ellei suunnitelmat muuta edellytä
- Liitättäessä teräsbetonipaalut tai kaivettavat paalut kiinteästi anturaan pidetään katkaisutasona paalun hyötypituutta lisättynä terästen tartuntapituus. Katkaisun jälkeen paalun teräkset paljastetaan hyötypituuteen asti
- Pienpaaluissa tulee huomioida paaluhatun korkeus, jotta paaluantura saadaan oikeaan korkeusasemaan

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## KESKIÖETÄISYYDET

- Paalujen väliset etäisyydet on määrätty suunnitelmissa
- Etäisyydet on valittu siten, etteivät ne vaikuta toistensa kantavuuteen eivätkä asennettaessa vahingoita toisiaan

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## KESKIÖETÄISYYDET

Ohjeelliset vähimmäisarvot yhdensuuntaisten pien- ja teräsbetonipaalujen keskiöetäisyyksille, joita ei tulisi alittaa:

- |                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| - Tuki- ja kitkapaalut                | 0,8 m |
| - Koheesiopaalut                      | 1,0 m |
| - Maakerroksiin tukeutuvat vetopaalut | 1,5 m |

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011





## PAALUANTURAN REUNAN ETÄISYYS PAALUISTA

- Reunan etäisyys lähimmästä paalusta tulee olla sellainen, että antura kestää paaluvoimien aiheuttamat jännitykset eikä anturan reunan lohkeamisvaaraa ole
- Paaluanturan reunan etäisyys lähimmän paalun ulkopinnasta tai paaluhatun reunasta tulisi normaalitapauksissa olla vähintään puolet paalun halkaisijasta tai paaluhatun sivumitasta. Tähän lisätään paalun sallittu sijaintipoikkeama

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## PAALUJEN ETÄISYYDET MUISTA RAKENTEISTA

- Minimietäisyydet muista rakenteista suunnitellaan tapauskohtaisesti. Tähän vaikuttaa paalutuksen, pohjaolosuhteiden ja ympäröivien rakenteiden aiheuttamat erityisvaatimukset ja rajoitukset
- Paalujen ja viereisten rakenteiden väliseen etäisyyteen vaikuttaa mm. paalutyyppi, paalun poikkileikkausala sekä paalutuksesta aiheutuva värinä

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## PAALUJEN KALTEVUUDET

- Vinopaaluilla voidaan lisätä paaluperustuksen vakavuutta. Vinopaalutuksessa tulee ottaa huomioon maakerrosten mahdolliset muodonmuutokset
- Paalujen rajakaltevuus riippuu käytettävästä paalukalustosta sekä pohjaolosuhteista

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## SALLITUT SIJAIN TIPOIKKEMAT

- Paalut pyritään asentamaan tarkalleen suunnitelmien mukaisesti
- Paalua ei saa vääntää teoreettiseen asemaansa paalutuksen aikana tai sen jälkeen
- Asennuksessa syntyvät poikkeamat huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## SALLITUT SIJAINTIPOIKKEMAT

- Paalutyyppin valinnalla on merkitystä odotettaviin sijainti- ja kaltevuuspoikkeamiin
- Paalun sijainnin mittauksen tarkkuus ennen ja jälkeen asennuksen on 0,01 m, ellei suunnitelmat muuta edellytä
- Mikäli suunnitelmien mukaiset sijaintitoleranssit ylitetään, tutkitaan rakenteiden mahdollinen ylikuormitus ja tarvittaessa ryhdytään tarvittaviin toimenpiteisiin

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

## PAALUTUSTYÖN DOKUMENTOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)



## PAALUTUSPÖYTÄKIRJA

Paalutustyö tulee olla dokumentoitu SFS-EN 1997-1 mukaisesti

Esimerkkejä paalutuspöytäkirjoista

- [RIL Paalutuspöytäkirjoja eri paaluille](#)
- [Ruukin paalutuspöytäkirjamalleja teräspaaluille](#)

Urakoitsijan edustajan ja tilaajan teknisen edustajan tulee allekirjoittaa kaikki pöytäkirjat ellei toisin ole sovittu

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MUUT DOKUMENTIT

Paalutuspöytäkirjojen lisäksi tarvitaan mm. dokumentit

- Materiaaleista
- Työmenetelmistä
- Koestuksista
- Koekuormituksista

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011

# LAADUNVALVONTA, SEURANTA- JA MITTAUSTARKASTELU JA TESTAUS



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

[www.turkuamk.fi](http://www.turkuamk.fi)

## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT PAALUT

Paalutuksen vaikutusta läheisiin herkästi vaurioituviiin rakennuksiin tai epästabiiileihin luiskiiin tulee tarkkailla.

Tarkkailumenetelmiä ovat mm.

- tärinän
- huokosvedenpaineen
- muodonmuutoksen
- kallistumisen

mittaus.

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT PAALUT

### PAALUJEN PAINUMAN MITTAUS ASENNUKSEN AIKANA

Lyönti- ja puristuspaalujen tunkeutumista suunnitelmien mukaiseen kantavaan maakerrokseen sekä paalujen geoteknistämurtokestävyyttä arvioidaan asennuksen loppuvaiheen painumien perusteella.

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT PAALUT

### LYÖNTIPAALUN JOUSTON MITTAUS

Hydrauli- ja pudotusjärkäläellä asennettavissa lyöntipaluissa paalun geoteknistä murtokestävyyttä mitataan myös paalun joustolla upotuksen loppuvaiheessa.

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAATA SYRJÄYTTÄVÄT PAALUT

### TERÄSPUTKIPAALUJEN SUORUUDEN MITTAUS

- Lyönti- ja puristuspaalujen suoruus tarkastetaan ja dokumentoidaan asennuksen jälkeen

Tarkastus tehdään yleensä laskemalla paaluputkeen taskulamppu mittanauhan varassa, jolloin valon katoamissyvyyden perusteella voidaan arvioida paalun suoruutta.

- Suoruuksvaatimuksen alittavista paaluista ilmoitetaan vastaavalle pohjarakennesuunnittelijalle

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## MAATA SYRJÄYTTÄMÄTTÖMÄT PAALUT

- Paalutustyötä tulee tarkkailla seuranta- ja mittaustarkkailun avulla
- Kaivettavissa paaluissa rakenteen seuranta- ja mittaustarkastelupiteitä on esitetty standardin SFS-EN 1536 kohdassa 9.2
- Porapaalutuksessa asennuksessa mittaukset tehdään maata syrjäyttävien paalujen kaltaisesti
- Porauksen aikana porausputken painaumanopeudella voidaan arvioida kallion ehjyyttä. Pohjarakennesuunnittelija voi käyttää tätä tietoa geoteknisen kestävyuden arvioinnissa

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TESTAUS

### KOEKUORMITUKSET

PTL3:ssa tehdään aina koekuormituksia, ehjyyškokeita tai valvontakokeita.

Paalujen testaus voidaan suorittaa koe- tai perustuspaaluilla.

Koekuormituksia voidaan käyttää:

- Suunnittelussa
- Vaatimusten mukaisuuden osoittamisessa
- Paalun ehjyyden osoittamisessa

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011



## TESTAUS

### KOEKUORMITUKSIIN VOIVAT KUULUA SEURAAVAT KOKEET

- Paalun staattiset koekuormituskokeet
- Paalun dynaamiset kuormituskokeet
- Ehjyyškokeet
- Valvontakokeet

LÄHDE: RIL-254-2011, PAALUTUSOHJE 2011