

Antti Ruusunlehti

Movax-teräsponnituenta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tekniikka

Insinöörityö

13.04.2014

| | |
|---|---|
| Tekijä(t) Otsikko | Antti Ruusunlehti Movax-teräsponttituenta |
| Sivumäärä Aika | 43 sivua + 0 liitettä 13.4.2014 |
| Tutkinto | Rakennusinsinööri |
| Koulutusohjelma | Tekniikka |
| Suuntautumisvaihtoehto | Infrarakentaminen |
| Ohjaaja(t) | Kai Kouvo, tuntiopettaja Arno Ruusunlehti, toimitusjohtaja |
| <p>Insinööri työ käsittelee teräsponttituenta. Käsiteltävä tuentamenetelmä on ollut käytössä jo noin 20 vuotta, mutta se on vielä melko tuntematon osalle maanrakennustoiminnassa mukana olevalle. Työn tarkoituksena on selvittää kohdeyrityksenä olevan maanrakennusliikkeen asiakkaalle pontitustyötä tilattaessa huomioon otettavia asioita ja samalla selkeyttää pontitustyön kulkua, sekä esitellä työvaiheet. Työssä käsitellään myös eri tuentavaihtoehtoja, käyttökohteet ja kalusto. Tutkimustyö keskittyy Movax-ponttivasaralla tehtävään työhön.</p> <p>Tutkimuksen kohdeyrityksen ongelmana oli joidenkin tilaajien tietämättömyys tehdystä pontitustyöstä. Ongelmaa on tähän asti ratkaistu puhelimitse annetuilla ohjeilla. Tämä tapa ei pääsääntöisesti ole aina toiminut, sillä muistettavia asioita eri pontitustyön osa-alueisiin liittyvistä asioista on paljon.</p> <p>Tässä insinööri työssä selvitettiin eri osa-alueina ponttauksen melua, tärinää, työturvallisuutta, maanliikehädintä ja vaikutuksia. Tarkoituksen mukaisia ja oleellisia tietoja saatiin kerättyä paljon ja tuloksia voidaan soveltaa saatujen tietojen avulla moniin erilaisiin työkohteisiin. Tutkimus käsitti myös tärkeitä ponttauksen liittyviä lisätietoja, joita lähes poikkeuksetta ponttauksen yhteydessä tarvitaan.</p> <p>Lopullisena tuotteena työ esitteli kohdeyrityksen erikoistyöalan ja samalla nosti esille tärkeitä työhön liittyviä asioita, jotka parantavat työtehokkuutta ja tätä kautta myös taloudellisuutta. Työ esitteli asiakkaan näkökulmasta tärkeimmät tiedot joiden avulla työn tilaaminen ja kustannus- sekä materiaalilaskennat helpottuvat.</p> | |
| Avainsanat | Teräsponttituenta, pontitus, Movax, pontti, tuenta |

| | |
|---|---|
| Author(s) Title | Antti Ruusunlehti Movax-iron sheet piling |
| Number of Pages Date | 43 pages + 0 appendices 13 April 2014 |
| Degree | Bachelor of Engineering |
| Degree Programme | Civil Engineering |
| Specialisation option | Infrastructural Engineering |
| Instructor(s) | Kai Kouvo, teacher Arno Ruusunlehti, CEO |
| <p>The thesis dealt with iron sheet piling. The issue is about 20 years old but still a bit unknown for certain people working in infra construction sector. The main idea of the thesis is to clarify things that should be taken in to account. The thesis presents the main methods of the work and introduces the workflow. The thesis dealt with other earth supporting decisions, uses and equipment. The main research focused on the Movax-hydraulic pile driving vibrator.</p> <p>The problem of the company that ordered the research was that the customers often were not familiar with subject. Until now the problem has been handled by giving advice by phone. This hasn't worked out well because the amount of given information is large.</p> <p>The research investigated such things as noise, vibration, work safety, earth movement and the work's effect on earth materials. The research collected a lot of important information that can be used in construction sites and adapted on new cases. The research also collected information of extra works that must be noticed along with iron sheet piling.</p> <p>As a final result the thesis clarified the special work that Arno Ruusunlehti Oy performs and informed the customer of the things that increase the work efficiency and economy.</p> | |
| Keywords | Iron sheet piling, iron sheet pile, Movax, earth supporting |

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Movax-teräsponttaituenta yleisesti | 2 |
| 2.1 | Edut ja hyödyt | 3 |
| 2.1.1 | Vedeneristys | 6 |
| 2.2 | Monipuolisuus | 8 |
| 2.2.1 | Teräsputkipaalutus | 8 |
| 2.2.2 | Puupaalutus | 9 |
| 2.3 | Haitat | 10 |
| 2.3.1 | Melu | 11 |
| 2.3.2 | Tärinä | 15 |
| 2.3.3 | Muodonmuutosten hallinta | 15 |
| 3 | Käyttökohteet, tekniikka ja materiaalit | 16 |
| 3.1 | Pontit | 16 |
| 3.2 | Kehikot | 18 |
| 3.3 | Tuentatasot | 20 |
| 3.3.1 | Tukiseinien mitoitus ja vaakatuennan suunnittelu | 20 |
| 3.3.2 | Yhden tuentatason kaivanto | 21 |
| 3.3.3 | Kahden tuentatason kaivanto | 22 |
| 3.4 | Ankkurointi ja vaakapalkki | 24 |
| 3.5 | Juuripultti ja juuripalkki | 28 |
| 3.6 | Kaivannon ja ympäristön tarkkailu | 29 |
| 4 | Kalusto | 29 |
| 4.1 | Työkone + Movax-ponttivasara | 30 |
| 4.2 | Lavetti | 33 |
| 4.3 | Raudankuljetuskalusto | 35 |
| 5 | Maaperä, vaihtelevat olosuhteet ja työn kesto | 36 |
| 5.1 | Hydraulinen murtuma ja pohjan nousu | 37 |
| 5.2 | Talvirakentaminen | 38 |
| 5.3 | Työn kesto | 38 |
| 5.3.1 | Tiivismaa | 38 |
| 5.3.2 | Löyhämaa | 40 |
| 6 | Yhteenveto | 41 |

1 Johdanto

Tämän insinööriyön kohdeyritys on Arno Ruusunlehti Oy, joka tilasi tutkimustyön pontitukseen liittyen. Yhtiö on toiminut infra-alalla jo 45 vuotta ja on ollut mukana suurissa hankkeissa ja kaupunkien tilaamissa kunnallistekniikkatöissä. Arno Ruusunlehti Oy osallistui pioneerijäsenenä pontituksen testaamiseen Suomessa 1995, jolloin ensimmäisiä pontitustöitä alettiin tehdä. Pontitustöiden ja kaluston lisääntyessä kohdeyrittäjän ongelmaksi muodostui jatkuva asiakkaan informointi työhön liittyvistä asioista, koska ponttaustyöstä ei ollut riittävästi selkeää kirjallista materiaalia.

Tänä päivänä kaupungit alkavat olla suurelta osin hyvin täyteen rakennettuja. Tästä syystä kunnallistekniset asiat ovat erittäin tärkeitä. Vanhojen kaupunkiverkostojen korjaaminen, huolto ja ylläpito ovat tärkeässä osassa ja korjausrakentamisen määrä kasvussa. Turvallisuusmääräysten kiristyessä ja tilan ahtauden vuoksi nykyaikaiset kaivantojen tuentakeinot ovat yhä suuremmassa roolissa infrarakentamisessa.

Ruusunlehti, Arno. 2014. Toimitusjohtaja. Espoo. Työmaakeskustelu. 20.11.2013

Tuentakeinoja on ajan saatossa keksitty paljon. Teräsponttituenta on yksi tuoreimmista tuentatavoista ja on suurelta osin syrjäyttänyt muita aiemmin keksittyjä tuentatapoja. Vanhemmat tuentatavat kuten settiseinät ja kaivutuet ovat edelleen käytössä olevia tapoja, mutta tässä työssä tutkimukset keskittyvät ainoastaan teräsponttituentaan.

Nykyaikaisin tuentatavoista on Larssen-teräsponttituenta (kuva 1). Kyseistä tuentatapaa käytetään monissa kohteissa ympäri maata. Tässä opinnäytetyössä kaivaudutaan aiheessa pintaa syvemmälle.

Tutkimusmenetelminä tutkimuksessa toimivat oma osallistuva havainnointi, asiantuntijahaastattelut sekä tutkijan tekemät melumittaukset ja maaperäarvioinnit. Insinööriyössä on hyödynnetty tutkijan omaa kokemusta käsiteltävästä aiheesta. Suurin oma työn kuvista on tekijän itse ottamia. Tämä insinööriyö koostaa selkeän kirjallisen koosteen pontituksen tilaamisesta ja toteuttamisesta. Tutkimukset kattavat myös ankkuroinnin ja siihen liittyviä asioita sekä työtekniikkaa.

Kyseinen insinööri työ tiedottaa asiakasta huomioon otettavista asioista ja tiivistää yhteen pakettiin työn kulun. Työn tarkoituksena on toimia valmiina yhteenvedona pontitus työtä tilaavalle asiakkaalle.



Kuva 1. Tiepenkan sortumistuenta Helsingissä

2 Movax-teräsponttaintuenta yleisesti

Mitä ponttaustuenta tarkoittaa ja mihin sillä pyritään?

Ponttaustuenta on kaivannon sivujen esitukemista metallisilla teräsponteilla, jotka lukittuvat toisiinsa seinäksi. Seinien tarkoitus on estää kaivannon ulkopuolella olevan maan aineksen sekä veden pääsy kaivantoon. Kaivantojen tekeminen ei ole riskitöntä. Niiden yhteydessä on tapahtunut sortumisia, jotka pahimmissa tapauksissa ovat johtaneet jopa kuolemaan. Ponttaus on Suomessa kovalla volyymilla kasvava työmenetelmä, joka lisää työntekijöiden turvallisuutta ja mahdollistaa työskentelyn lähellä jo rakennettuja kiinteitä kohteita.



Kuva 2. Yksi ensimmäisistä pontitustyössä käytettävistä Movax-prototyypeistä

Pontitustyötä tehdään Suomessa muutamalla eri keinolla. Nosturiin kiinnitettävät roik-kovibrat, sekä pidempien ponttipituuksien lyöntiin tarkoitetut juntaustekniikalla toimivat työkoneet ovat myös vaihtoehtoja tutkimuksessa käsiteltävälle Movax-ponttivasaralle. Tämä kyseinen työ kuitenkin käsittelee ainoastaan Movaxilla tehtävää pontitustyötä. Movax-ponttivasara esitellään työn myöhemmässä osiossa 4.1.

Ponttaustuenta on muissa Euroopan maissa ollut käytössä jo useamman vuosikymme-nen (kuva 2). Suomeen tämä tekniikka rantautui 1990-luvun puolivälissä. Edellä maini-tulla tuentatavalla pystyttiin osittain korvaamaan vaikeakäyttöiset kaivutuet ja settisei-nät, jotka ovat käytössä haastavampia ja hitaampia.

2.1 Edut ja hyödyt

Oikein tehtynä ponteista rakennettava seinä varmistaa kaivannossa työskentelevien työntekijöiden turvallisuuden ja minimoi sortumisvaaran. Ponttiseinä takaa myös sen, että lähellä olevat kiinteät rakenteet ja niiden perustukset pysyvät paikallaan (Kuva 3). Kunnallistekniikassa putket, sähkölinjat ja operaattoriputket ovat usein rakennettu aivan rakennuksen anturan viereen tai sen välittömään läheisyyteen. Näiden putkien huoltoa

varten putket on joissain tapauksissa kaivettava esiin joko vaihtoa tai tarkistusta varten ilman, että rakennuksen perustukset häiriintyvät.



Kuva 3. Valmiin rakenteen alusrakennetta tukeva ponttiseinä. Kevytpeittein suojatun seinän takana Postitalo.

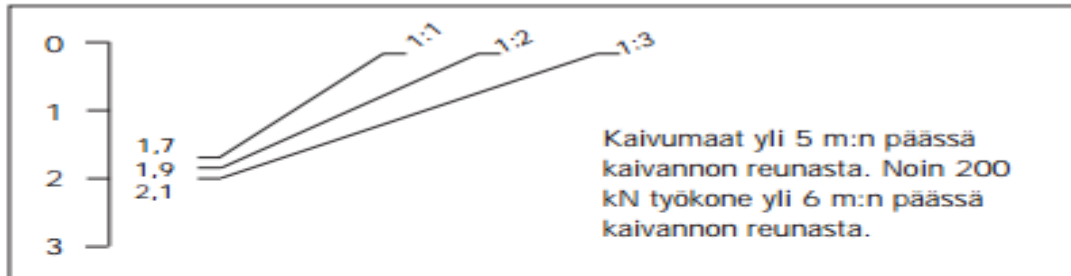
Ponttaustuenta on myös asiakkaan kannalta toimiva ja kustannustehokas vaihtoehto: työmaan oma kaivinkone ei ponttauksen aikana ole varattuna vaan ponttityö tehdään erillisenä työvaiheena. Esimerkiksi kaivutukia käytettäessä suuri osa ajasta menee tuentatyöhön, eli kaivutukien siirtoon ja asennukseen, kaivutyön sijaan. Pontitetussa kaivannossa peruskaivukoneen työksi jää ainoastaan alemman tai alempien ponttikihikkojen laskeminen kaivutyön edetessä syvemmälle.

Mäntyjärvi, Esa. 2014. Työkoneen kuljettaja. Helsinki. Työmaakeskustelu.
20.1.2014

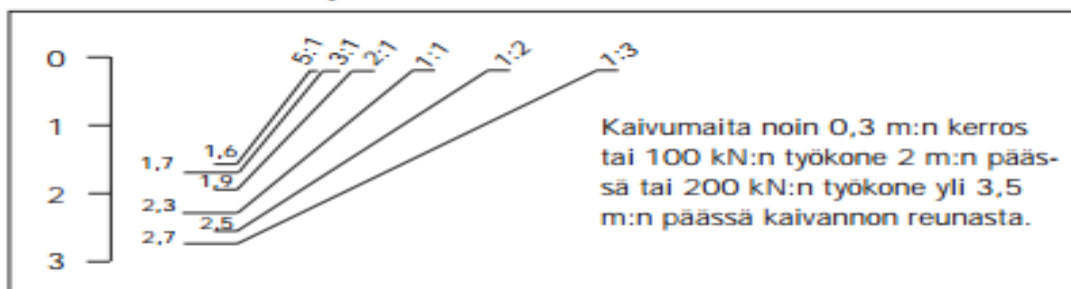
Valmis ja kunnolla tuettu ponttituettu kaivanto on myös ajaton. Se voidaan esimerkiksi kattaa ja sääsuojata, mikäli kaivannossa suoritettava työtoimenpide kestää kauan. Säästä johtuvat muutokset maaperään eivät vaikuta kaivannon vakauteen. Esimerkiksi vesisateella vaikeaksi todettu moreeni- tai hiekkamaa ei pääse liikkumaan kaivantoon ja myös vesi pysyy tarvittaessa kaivannon ulkopuolella.

Syvien kaivantojen luiskaus lisää maan häiriintyneisyyttä sekä maanajon tarvetta. Pontitettu kaivanto on täten myös suuri säästö massojen siirtoa ajatellen (kuva 4).

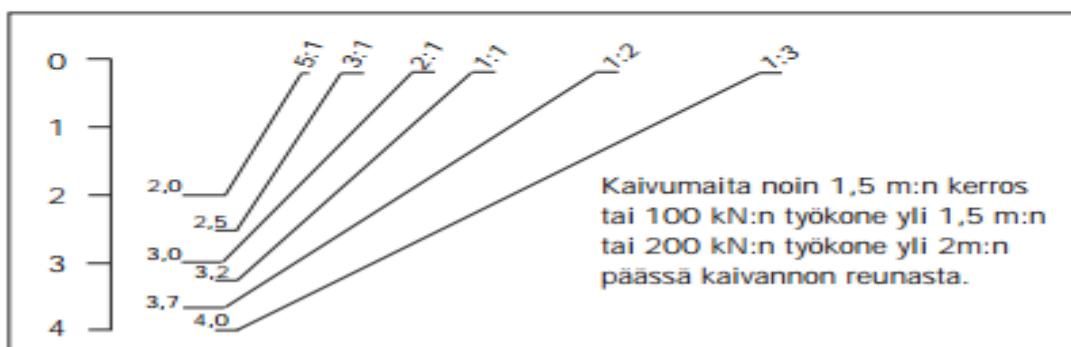
Hyvin pehmeä savi (leikkauslujuus 7–10 kN/m²)



Pehmeä savi (leikkauslujuus 10–25 kN/m²)



Sitkeä savi (leikkauslujuus 25–50 kN/m²)



Kuva 4 Massatalouden hallintaa. Pontitustyö säästää luiska-ainesten poisajosta aiheutuvia kuluja sekä pienentää huomattavasti kaivannon käyttämää työaluetta

[1]

2.1.1 Vedeneristys

Larssen 603-ponttiseinän vesitiiviys on yleensä riittävän hyvä ja joissakin olosuhteissa seinä on lähes vesitiivis ilman erikoistoimenpiteitä. Kun työkohteessa tarvitaan kaivannolle paras mahdollinen suoja vedeltä, on paras vaihtoehto käyttää uusia ja virheettömiä pontteja. Pontin lukkojen vaurioituneisuus aiemmissa työkohteissa saattaa aiheuttaa veden läpäisevyyttä saumojen kohdalla. Paras eristyskyky seinälle saadaan hitsaamalla saumaväli yhteen tai käyttämällä sauman päälle asennettavaa hitsattavaa teräslistaa, joka on purkuvaiheen yhteydessä helpompi irrottaa. Listan irroitus aiheuttaa vähemmän vaurioita ponttiin kuin se, että saumaan hitsattua liitosta yritetään polttoleikkaamalla purkaa kun kaivanto on purkuvaiheessa. Ponttiseinän tiiveyttä voidaan tarvittaessa parantaa käyttämällä bitumipohjaista tiivistysainetta, joka asennetaan työmaalla kuumana pontin lukkoprofiiliin. Toisena vaihtoehtoisena aineena on veden vaikutuksesta laajenevan tiivistemassan käyttö.

Mikäli pontitus ulottuu kalliopintaan asti, voidaan seinämän alapää ruiskuinjektoida. Alapään tiivistyksessä käytetään myös juuritukipalkkia, joka lisäpultataan ponttiseinän alapäässä kallioon. Tilaajan kannalta huomioon otettava asia vedeneristyksen kannalta on erityisesti pohjaveden pinnan tason selvitys. Asiakkaan tulee ilmoittaa, mikäli vedeneristys on nimenomaisella alueella erityisen tarpeellista.

[RIL 263-2014 Kaivanto-ohje 4.7.5 /68/]

Kunnallistekniikan rakentamisessa esimerkiksi voimalinjatolppien sijaintipaikat joutuvat kulkemaan vaikeiden maastojen ja maaperien kautta. Tolppia joudutaan pystyttämään soille (kuva 5), pelloille tai jopa mereen tai muuhun vesistöön. Tällaisissa tapauksissa anturan perustamista varten on tuettava kaivanto, jossa työskentely betonin ja raudoitusten kanssa on mahdollista. Ponttinelion kulmien tiiviys tällaisissa erikoiskohteissa varmistetaan kahdella yhteen hitsatulla pontilla jotka muodostavat 90 asteen vesitiiviin kulman.



Kuva 5. Vesitiiviin ponttirakenteen teko suolle suurvoimalinjatolpan anturaa varten Kilpilahdessa

Vaikka pontit ovat uusia, seinän vesitiiviys ei aina ole 100%. Mikäli pontin lukkoja ei käsitellä tarvittavilla aineilla, saattaa tiiviiden saavuttaminen viedä aikaa (Kuva 6). Niin sanottu avustettu lukon tiivistyminen aiheutuu lukkoon kulkeutuvista vedestä ja sen aiheuttamasta reaktiosta tiivistysaineen kanssa.



Kuva 6 Hämeenlinnan rantakasinon laiturin levitys työmaalla riittävä vesitiiviys saavutettu. Tiivistysaineena käytetty turpoavaa sahanpurua

2.2 Monipuolisuus

Movax-ponttivasaralla tehtävä työ ei rajoitu ainoastaan teräsponttien lyöntiin. Muita työkoneen tehtäviin soveltuvia töitä ovat muun muassa teräsputki- ja puupaalutus.

2.2.1 Teräsputkipaalutus

Työmailla, joilla ponttituentaa tarvitaan, maaperä on yleensä vaikearakenteinen. Tämä tarkoittaa sitä, että myös putkipaaluja joudutaan asentamaan maahan esimerkiksi pohjalaatan tukemiseen (kuva). Teräsputkipaalujen lyönti onnistuu pienellä muutoksella samaan laitteeseen, kuin millä pontteja lyödään. Moxax-ponttivasaran kapabiliteetti riittää 90 mm – 600 mm:n putkipaalujen lyömiseen (kuva 7). Putkipaaluja lyötessä tilaajan on muistettava selvittää suunnittelutoimistolta kallion läheisyys. Tämän tiedon avulla valitaan teräsputkipaalujen pituudet ja teräsputkipaalukärkimalli. Kärkimalleja on vain kaksi, nämä ovat maa- ja kalliokärki, joita löytyy eri kokoluokissa.

Ruusunlehti, Arno. 2014. Toimitusjohtaja. Espoo. Työmaakeskustelu.
20.11.2013



Kuva 7. Teräsputkipaaluleuat liitettynä Movax-ponttivasaraan

Myös putkipaaluusta tilattaessa on muistettava ottaa huomioon työkohteen olosuhteet ja mahdollisesti tarvittavat alustatukirakenteet työkoneelle. Tela-alustainen kaivinkone (kuva 8) pääsee hyvin vaikeakulkuisiin paikkoihin, mutta esimerkiksi vesistöjä ylittäessä tarvitaan lähestulkoon aina ajosiltoja tai betonisia laattakiviä, joiden päällä kone voi kulkea.



Kuva 8. Luontopolun siltalaatan alustan putkipaaluus

2.2.2 Puupaaluus

Putkipaaluuleukojen käyttö ei rajoitu ainoastaan teräspuutkipaaluuihin. Samalla työkoneella voidaan teräksen sijaan lyödä puupaaluja, joiden käyttö on edelleen yleistä esimerkiksi siltojen laattaperustusten alla erittäin pehmeissä, savisissa ja kosteissa olosuhteissa. Puupaaluja lyötäessä on otettava huomioon materiaalin heikompi rakenne. Lyöntivaiheessa paalun muotoa ja taipumaa on jatkuvasti tarkkailtava.

2.3 Haitat

Pontitus on äänekkästä työtä. Pontitukseen liittyy lähes aina vibraus, joka mahdollistaa lyötävän pontin maan läpäisyn. Kaupunkialueella tai sisätiloissa meluhaitat moninkertaistuvat tilan umpinaisuuden takia, koska ääni ei pääse pakenemaan, vaan jää kaikuun rakenteiden väliin. Myös maan värinäalttiudesta on tarvittaessa tehtävä tutkimukset, jos työmaan lähellä sijaitsee halkeiluerkkiä rakenteita.

Maaperätutkimukset sekä sähkölinjatarkastukset ovat erittäin tärkeitä mikäli työmaalla tarvitaan pontteja. Ponttaus on tavallaan sokeaa työtä siinä mielessä, että pontin maaperässä kohtaamia esteitä on mahdotonta tunnistaa. Kuljettajalla ei ole mahdollisuutta tietää esimerkiksi mahdollisista datakaapeleista, sähkölinjoista, vesi- ja viemäriinjoista tai kaukolämpöputkista, jotka sijaitsevat maaperässä.

Suuret kivet ja lohkareet sekä maaperän rakeisuus ovat tärkeä osa maaperäselvityksessä. Ponttivasaran vibravoiman pontin päähän aiheuttama värinä helpottaa pyöreiden kivien ohitusta mutta isot särmikkäät lohkareet ja suurirakeinen murske ovat haitallisia pontinlyömisessä käytettävään vibravoimaan. Myös päinvastainen maarakenne, eli esimerkiksi täysin hiekkainen maa-aines (kuva 9) puuduttaa vibrauksen voimaa ja tätä kautta vaikeuttaa pontin kulkua maaperässä. Hiekan hienoaines aiheuttaa myös suurta kitkaa ja vastusta pontin saumaan, jolloin etenkin niin sanottu lukkoon lyöminen on hidasta.

Asiakasta kehoitetaan tekemään alkukaivu ennen pontitustyön tilaamista/aloittamista. Alkukaivulla tarkoitetaan sitä, että pontitettavan alueen pinta kaivetaan auki ja mahdolliset suuret kivet sekä lohkareet poistetaan ennen lyöntityön aloittamista. Tämä ohje pätee sekä suoriin ponttiseiniin että kaivantoihin, joissa pontitettava alue on kulmikas.

Ruusunlehti, Arno. 2014. Toimitusjohtaja. Espoo. Työmaakeskustelu.
15.2.2013



Kuva 9. Mökkien pontitustyömaa Nummi-Pusulassa hiekkaisella maaperällä. Lyhyitä pontteja (2-5 m) lyötäessä maaperän hiekkaisuus ja kitka eivät ole merkittävään häiritseviä tekijöitä, koska ponttiin kohdistuva kitka vaikuttaa vain lyhyellä matkalla

2.3.1 Melu

Työn tilaajan kannalta meluolosuhteet tulevat ajankohtaisiksi erityisesti silloin, kun suoritettava työ tehdään esimerkiksi kaupunkialueella, jossa ihmiset oleilevat lähellä työkohtetta. Tilaajan kannalta myös omien työntekijöiden kuulonsuojaus ja tätä kautta yleinen työturvallisuus liittyvät tähän aiheeseen.

Tutkimuksessa selvitettiin melua erilaisissa olosuhteissa. Meluja mitattiin desibelimitilla sekä jo saaduista melumittauksista, jotka oli tehty laitteen valmistajan toimesta. Tutkimuksessa pyrittiin toteamaan erilaiset melutasot eri etäisyyksillä työpaikasta ja erilaisissa olosuhteissa, kuten sisätiloissa.

Ensimmäisenä mittaustutkimus Hämeenlinnassa avoimessa tilassa ulkona mitattu ponttityö, jossa mitattiin Movax SG80 ponttivasaran aiheuttamaa melua pontin lyöntivaiheessa niin sanotuissa normaaleissa ulko-olosuhteissa.

Taulukko 1 Mitatut meluarvot

| ETÄISYYS (m) | MELUTASO dB |
|--------------|---------------|
| 7 | 80-82 peak 94 |
| 12 | 70-74 peak 84 |
| 30 | 68-74 |
| taustamelu | 54 |

Edellä mainitut mitatut arvot on mitattu keskiarvona ja melupiikit on mitattu erikseen. Kovaääniset melupiikit ovat lukkoon lyötäessä hetkellisesti paljon suurempia kuin keskiarvot. Ulkotiloissa tehtävän työn meluun vaikuttaa usein maaperän kivisyys sekä työn laatu. Mikäli työkohteessa pontteja ei tarvitse lyödä lukkoon, eli pontit eivät lyöntivaiheessa osu toisiinsa, on melutaso huomattavasti alempi. Suurimman melun työssä aiheuttaa teräksien välinen kitka ja osuminen toisiinsa.

Lindeman, Mikko. 2014. Tekninen johtaja. Hämeenlinna. Puhelinkeskustelu. 28.3.2014

Mikäli melun hallinnalle on työmaalla tarvetta, kannattaa tilaajan ottaa huomioon mahdollinen meluesteiden hankinta. Usein kaupunkialueella sijaitsevat työmaat on aidattu kevytaluumiinialueilla. Melun kantautumista voidaan estää päällystämällä nämä aitarakenteet esimerkiksi vaneri- tai EPS-leyillä. Mikäli työskentelyalueella sijaitsee puustoa, se myös hillitsee meluhaittoja. Etenkin talvella lumiset puut absorvoivat tehokkaasti työstä syntyvää ääntä.

Jousi, Atte. 2014. Työkoneen kuljettaja. Karkkila. Työmaakeskustelu. 20.2.2014

Toisena tutkimuskohteena oli melutaso sisätiloissa. Karkkilassa tehtävä erikoispontitus tehtiin sisällä hallissa jonka pinta-ala oli noin 300 m^2 (kuva 10). Työ käsitti yhteensä noin 40 metriä osittain lukkoon lyötävää ponttiseinää. Tilassa mitattiin melutason muutosta suhteessa etäisyyteen. Tutkimuskohteen rakenteen takia mittauksen etäisyyttä ei voitu kasvattaa 15 metriä suuremmaksi



Kuva 10 Pontinlyöntiä sisätiloissa.

Pienessä umpinaisessa tilassa työskentely oli melutasoltaan huomattavasti korkeampaa kuin ulkona tehtävä työ. Korkeimmaksi arvoksi keskiarvomittauksissa saatiin 94,5 dB joka mitattiin vain metrin päässä vasarasta. Desibelimittarissa oli mittaushetkellä päällä toiminto, joka mittaa ääntä sekunnin välein. Näin pystyttiin määrittämään työstä aiheutuva yleistason melu. Tällaiset melutasot eivät ole kovin yleisiä, mutta etenkin tällaisissa erikoiskohteissa huomioon otettavia asioita.

Taulukko 2. Alla otetut mittaustulokset on mitattu sekunnin välein tapahtuvalla melumittauksella 2 minuutin ajalla / mittauskohta

| Etäisyys (m) | Melu (dB) |
|--------------|-----------|
| 1 | 92 - 94,5 |
| 5 | 91 - 93,1 |
| 10 | 90 - 91 |
| 15 | 88,2 - 90 |

Kolmantena mittauskohteena tehtiin mittaus työ Helsingin keskustassa, presidentin linnan seinämän vieressä (kuva 11). Tässä mittauksessa oli kyseessä pontin nostotyö. Nostettavat pontit olivat 6 metrisiä ja osittain lukkoon lyötyjä. Tutkimus mittasi ääntä koko työn ajan koska kyseessä oleva kaivanto oli erittäin pieni. Huomioitavaa tässä kyseisessä paikassa oli taustalla esiintyvä liikennemelu. Taustameluksi mitattiin 65 dB.



Kuva 11. Pontti nostovaiheessa

Seinän läheisyys ja taustamelu muodostivat yhdessä hieman tavallista voimakkaamman melumäärän.

Taulukko 3. Mitatut melutasot

| Etäisyys (m) | Melu (dB) |
|--------------|-----------|
| 1 | 90 - 92 |
| 5 | 87 - 90 |
| 10 | 83 - 87 |
| taustamelu | 65 |

2.3.2 Tärinä

Pontituksessa maahan välittyvä tärinä on huomioitava työmaan ympäristöä ajatellen. Tärinä saattaa aiheuttaa muutoksia maaperässä ja lähellä olevissa rakenteissa. Maamassojen liikehdintää on syytä ennalta arvioida ja määrittää mahdolliset siitä aiheutuvat riskit. Mikäli todetaan, että työmaalla sijaitseva maaperä on riskialtis muodonmuutosherkkyytensä takia, kannattaa tehdä koeponitus. Koeponituksen avulla voidaan luotettavasti selvittää työn todellinen voimakkuus ja pohjan tiivistyminen. Koeponitus tulee tehdä niin että samalla kun ponttia lyödään maahan on tarvittavat tärinä- sekä painaumamittarit asennettu riittäville etäisyyksille aktiivisesta pontituspaikasta. Näin minimoidaan nimenomaisen työmaan maan muodonmuutos riskit sekä pystytään arvioimaan voidaanko työtä edes tehdä kyseisellä alueella. Tulee muistaa, että vastuu mahdollisista maan muodonmuutoksista ja sen aiheuttamista vaurioista on aina työn tilaajalla.

2.3.3 Muodonmuutosten hallinta

Maaperän muodonmuutokseen vaikuttavia tekijöitä ovat kaivannon syvyys, maaperän pohjaolosuhteet, kaivantoon kohdistuvat kuormitukset, kaivannon suunnittelu ja rakennustyön laatu. Nämä tekijät yhdessä määrittävät muodonmuutoksen suuruuden sekä -laajuuden. Maantuentatyössä vaikutusalue on yleensä 5-40 metriä kaivannon reunasta. Hyvänä nyrkkisääntönä normaaliolosuhteissa on, että sivuttaissuuntainen häiriintyminen ponttirakenteesta on yleensä pontin oma pituus. Maaperän muodonmuutosta voidaan kontrolloida hyvällä suunnittelulla ja asiantuntemuksella. Jokaisella työmaalla tulee harkita siihen soveltuva kalusto ja pontin pituus tapauskohtaisesti. Ensisijaiseksi tavoitteeksi tulee aina asettaa tärinäherkkien rakenteiden jäänti mahdollisimman kauaksi tärinää aiheuttavasta työkohteesta.

Mikäli muodonmuutosalueelle jää väkisinkin maanvaraisia rakenteita tulee aina suunnitella rakenteen tuenta niin, että pystykuormat saadaan siirrettyä kantavaan pohjaan.

Pohjarakennustöiden synnyttämän värinän suuruuden, värinän vaikutusten ja värinän hallinnan menetelmiä on esitetty julkaisussa RIL 253-2010 Rakentamisen aiheuttamat värinät [53].

3 Käyttökohteet, tekniikka ja materiaalit

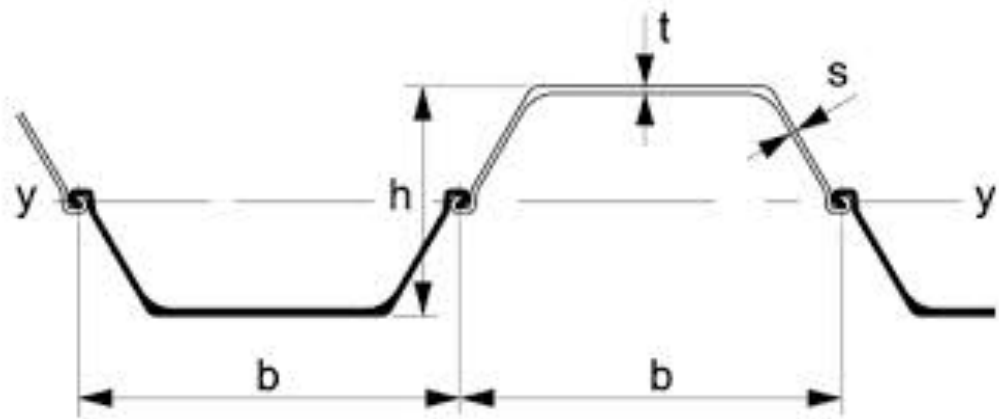
Pontituenta on mahdollista lähes missä tahansa, jos maaperä on pehmeää. Yleisimmät kohteet ovat kanaalit, pumppaamokaivannot ja rakennuksen perustuksia ympäröivät ponttiseinät. Nykyään rakennuksissa yleistyvät parkkihallit ja pommisuoijat pakottavat rakennusten nollakorot hyvinkin alhaisille tasoille. Tilan ahtauden vuoksi kaivannon luiskaaminen ei kuitenkaan yleensä ole mahdollista.

3.1 Pontit

Ponttaustuennassa käytettävä työmateriaali on teräksestä valmistettu pontti (Kuva 12). Pontin kylkiin on tehty liittämistä varten suunnitellut saumat, jotka mahdollistavat yhtenäisten rakenteiden teon. Pontit ovat rakenteeltaan symmetriset ja niiden U:n mallisella muodolla on pyritty saavuttamaan maksimitaivutusvastus.

Yleisin Suomessa käytettävä ponttimateriaali on Larssen 603. Tämä teräspontti täyttää lähes kaikkien työmaiden suunnittelutarpeet, koska sen taivutusvastus on erittäin korkea, $1200 \text{ cm}^3/\text{m}$. Mikäli joissain kohteissa seinämän taivutusvastus ei riitä Larssen 603:lla, on kasvatettava vaihtoehtoisesti pontin rakennelujuutta tai syvennettävä pontin uumaa (h).

[2.]



Kuva 12 Larssen-teräspontti, lukitusperiaate ja mitoitus

y= linjaus

b= etenemä

h= rakennesyvyys

s= kyljen seinämäpaksuus (mm)

t= selän seinämäpaksuus (mm)

[2.]

Pontin lukollinen rakenne auttaa seinämän pontteja tukemaan toisiansa lukkoon lyötessä (kuva 13). Mahdolliset lukkoon lyömättömät välit seinämässä saattavat aiheuttaa rakenneluuden vähenemistä.



Kuva 13 Yhtenäisen ponttiseinän teko, Tiepenkan tuenta

3.2 Kehikot

Pontit itsessään ovat jo erittäin hyvä suoja kaivannoille. Niiden pysyvyyttä ja rakenteellisyttä varmistetaan kuitenkin usein niin sanotuilla ponttikehikoilla. Näiden kehikojen tarkoitus on vähentää ponttiin kohdistuvaa painetta kaivannon sisäpuolelta. Tutkimuksen kohdeyrityksessä käytettävän Larssen 603 pontin taivutusvastus kestää matalien kaivantojen voimat yleensä jo itsessään, mutta usein työturvallisuus kuitenkin varmistetaan HE300B-palkeista tehtävällä kehikolla (kuva 14).



Kuva 14. Yhdellä kehikolla tuettu kaivanto. 4-osainen kehikko

Tutkimuksen kohdeyrityksessä on pyritty käyttämään kehikoita, joita on mahdollista muokata kaivannon mittojen niin vaatiessa. Tällaiset kehikot ovat rakenteeltaan neliosaisia. Pidempien sivujen H-palkit ovat tällöin varustettu 320 mm holkeilla, joihin kaivannon päätyjen H-palkit pystytään asentamaan (kuva 15). Osien kulmiin on tehty vahvikepalat, joihin kehikon korkeudensäätöketjut kiinnitetään. Tällaiset kehikot ovat myös logistisesti helpompia, koska ne pystytään pilkkomaan pieniin osiin, jolloin tieliikenteen ilman erikoislupaa sallima 3,5 metrin leveys ei missään tapauksessa ylitä.



Kuva 15. Ponttikehikon sivuosat. HEB 300-palkin päätyihin hitsatut holkit, joihin haluttuun mittaan leikatut H-palkit sujutetaan

Mikäli työmaalla on tarvetta pontata useampi kaivanto ja kaivantokoot vaihtelevat, voidaan kehikko rakentaa myös pelkillä holkkikulmilla (kuva 16). Tämä tekniikka perustuu irrallisiin kulmiin, joihin leikataan oikean pituiset h-palkit joko paikan päällä tai jo ennen työmaalle vientiä. Kulmista rakennettu kehikko on kestävyydeltään muita kehikkotyyppisiä vastaava.



Kuva 16 Holkkikulmat. Kehikkoa tehdessä kulmiin sujutetaan ensin pidemmän sivun palkki jonka seinämä toimii lyhyemmän seinämän palkin vastakappaleena. Tällä menetelmällä holkkikulman seinämään kohdistuva paine jaetaan laajemmalle alueelle.

Kolmantena kehikkovaihtoehtona ovat kiinteät yhdeksi rakenteeksi hitsatut kehikot, joiden sivumitta ei saa logistisista syistä ylittää 3,5 metriä. Yli tämän sivumitan ylittävää kiinteää kehikkoa tilattaessa on syytä ottaa huomioon vaikeasta kuljetettavuudesta johtuvat lisäkulut. Tämä kehikkotyyppi on muutoin käytännöllisin; kasausvaihetta ei tarvita ja kehikon ylösnosto kokonaisuutena kaivannosta on nopeaa.

3.3 Tuentatasot

Kaivussyvyydestä riippuen tuentatasoista on asetettu tiettyjä vaatimuksia. Jokaisen kaivannon tuentatasot lasketaan yksitellen ja niihin liittyvät aina maaperätutkimukset, käytettävän tuentamateriaalin profiili ja kestävyys sekä maan aiheuttama paine.

Noin kolme metriä syvät kaivannot tuetaan lähes poikkeuksetta yhdellä kehikolla (kuva 17). Yli viisimetriset sen sijaan kahdella (kuva 18). Tämä sisäinen tuentatarve on merkitty tehtyyn pontitussuunnitelmaan.

3.3.1 Tukiseinien mitoitus ja vaakatuennan suunnittelu

Mitoitus suunnittelussa asiakkaan on otettava yhteyttä asiantuntevaan suunnittelutoimistoon, joka omaa ammattitaidon maaperässä tapahtuvien muutosten tarvittaviin laskelmiin. Seuraavassa osiossa käsitellään tuentatasojen periaatteita, sekä maan muodonmuutoksia.

[RIL 263-2014 4.1.1 tukiseinän mitoitus ja vaakatuennan suunnittelu]

- Maapohjan muodonmuutosten kannalta tavanomaisessa ympäristössä voidaan yleensä sallia maan aktiivipaineen muodostumisen edellyttämä tukiseinän siirtymä ja mitoittaa tukiseinä aktiivipaineelle. Tällöin kaivannon ulkopuolisessa tuennassa vetoankkurien jättövoima on pienempi kuin ankkurin mitoitusvoima. Kaivannon sisäpuolisessa tuennassa tukirakenteet voidaan jättää esikuormittamatta, jos tuennalle sallitaan tuennan kimmoisen kokoonpuristumisen suuruinen liike.
- Maapohjan muodonmuutosten kannalta erittäin vaativassa ympäristössä tukiseinän siirtymä ja muodonmuutos tulee minimoida. Tällöin tukiseinää kuormittava maanpaine lasketaan lepopaineena. Vetoankkurien jättövoiman tulee olla yleensä vähintään ankkurin mitoitusvoiman suuruinen. Kaivannon sisäpuolisessa tuennassa puristussauvat tulee jännittää tunkkaamalla.

- Kaivannon sisäpuolisella tuennalla vältetään ulkopuolisten ankkurien porauksen aiheuttama maapohjan häiriintyminen
- Tukiseinän yläpään liiallista siirtymää rajoitetaan sijoittamalla ensimmäinen tukitaso mahdollisimman lähelle maan pintaa.
- Vaakapalkkien, ankkureiden ja puristussauvojen kiinnitykset seinään ja keskenään pyritään suunnittelemaan siten, että kaikki rakenteet hitsauksineen voidaan tehdä vaakapalkin päältä. Tällöin tukitasoa rakennettaessa kaivutaso voi jäädä mahdollisimman lähelle vaakapalkkia
- Tukiseinän tulevat siirtymät tulee arvioida mitoituslaskelmiin. Laskelmissa otetaan huomioon myös tukiseinän vaakasuuntainen taipua tukipisteiden välillä ja pystysuuntainen taipuma tukitasojen välillä.

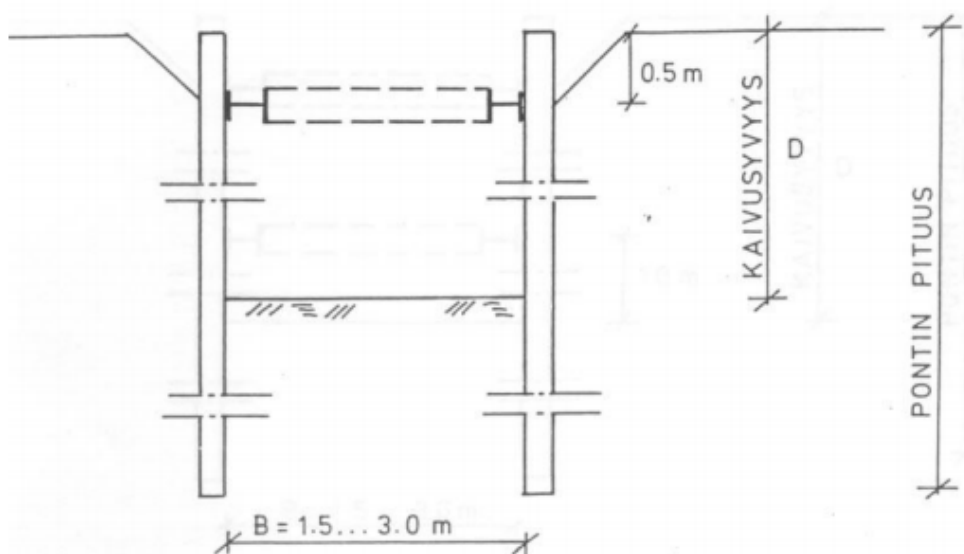
3.3.2 Yhden tuentatason kaivanto

Yhden tuentatason kaivantoa suunniteltaessa huomioon tulee ottaa riittävä pontin alapään tukeutuminen maaperään, koska alapäättä ei tällaisessa tapauksessa mekaanisesti tueta millään erillisellä rakenteella.

POHJAMAAN LEIKKAUSLUJUUS 5 kN / m²

YHDELTÄ TASOLTA TUETTU KAIVANTO

MK 1:50



Kuva 17. Yhden tukitason kaivanto

Työohje:

1. Alkukaivu 0.5 m
2. Tukikehikkojen asennus
3. Pontit asennetaan käyttäen tukikehikkoja ohjureina
4. Tukikehikkojen ripustus valmiiseen ympäröivään ponttiseinään ketjuilla
5. Kaivutyö
6. Kaivantoon tarvittavan elementin asennus
7. Täyttö ja tärylätkäykset tasoittain
8. Tukikehikkojen poisto ja ponttien ylös nosto

Taulukko 4. Yhden tuentatason poikkileikkaus ja mitoitus

SUURIN KAIVUSYVYYS JA VASTAAVAT TUKIRAKENTEET

| Ponttipituus | Kaivusyvyys | Vaakapalkki | Poikkituki |
|--------------|-------------|-------------|----------------|
| L = 6 m | D = 1.6 | HE 180 B | HE 180 B k 6 m |
| L = 8 m | D = 2.2 | HE 240 B | HE 240 B k 6 m |
| L = 12 m | D = 2.4 | HE 260 B | HE 260 B k 6 m |

Kun ponttien alapäävät ovat vähintään 1 metrin silttikerroksessa, suurin kaivusyvyys on 3.0 m. Tällöin tulee hydraulisen murtuman vaara tarkistaa.

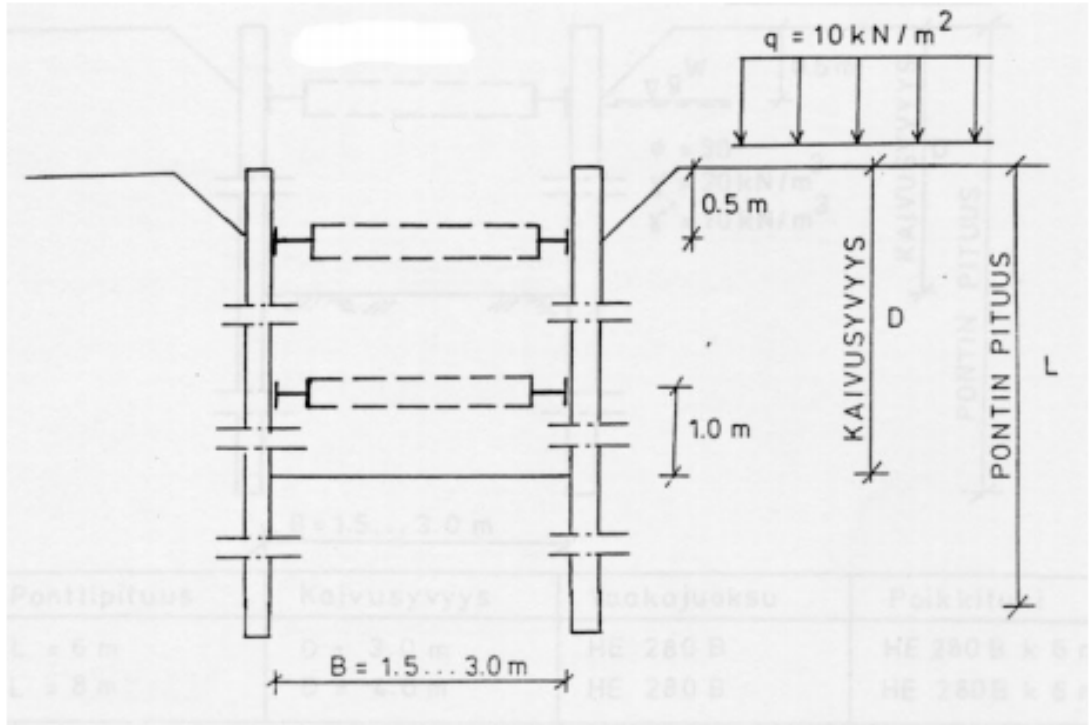
3.3.3 Kahden tuentatason kaivanto

Kahden tason tuenta on toiminnaltaan samanlainen kuin yhden tukitason. Ainoana erona on kehikoiden asennus päällekkäin pontin lyöntivaiheessa. Kaksitasoisessa tuennassa ponttiseinämän alapään paikallaan pysyvyys varmistetaan toisella tukitasolla. Etenkin löyhien maiden pontituksessa tämä keino takaa työturvallisuuden sekä poistaa ponttiseinämän alapään liikehdinnän mahdollisuuden.

[Putkikaivantojen tuentaohje Espoo 9704/GT]

POHJAMAAN LEIKKAUSLUJUUS 10 kN/m^2
KAHDELTA TASOLTA TUETTU KAIVANTO

MK 1:50



kuva 18 Kahden tuentatason poikkileikkaus ja mitoitus

Tukitasoja lasketaan yhtenäisesti siihen asti kunnes ylempi tukitaso on kohdallaan. Tämän jälkeen alempi tukitaso liitetään ketjuilla ylem্পään ponttikehikkoon ja kaivutyön edetessä sitä sujutetaan alemmas aina suunnitellulle tuentatasolle asti.

Taulukko 5. Kaivussyvydet kahden tuentatason kaivannossa

SUURIN KAIVUSYVYYS JA VASTAAVAT TUKIRAKENTEET

| Ponttipituus | Kaivussyvyys | Alempi tukitaso | |
|--------------|--------------|-----------------|----------------|
| | | Vaakajuoksu | Poikkituki |
| L = 6 m | D = 3.5 | HE 200 B | HE 200 B k 3 m |
| L = 8 m | D = 3.9 | HE 240 B | HE 200 B k 3 m |

Kun ponttien alapäävät ovat vähintään 1 m silttikerroksessa, suurin kaivussyvyys on 4.5 m. Tällöin tulee hydraulisen murtuman vaara tarkistaa. Ylempi tukitaso vastaava kuin yhdeltä tasolta tuetussa kaivannossa.

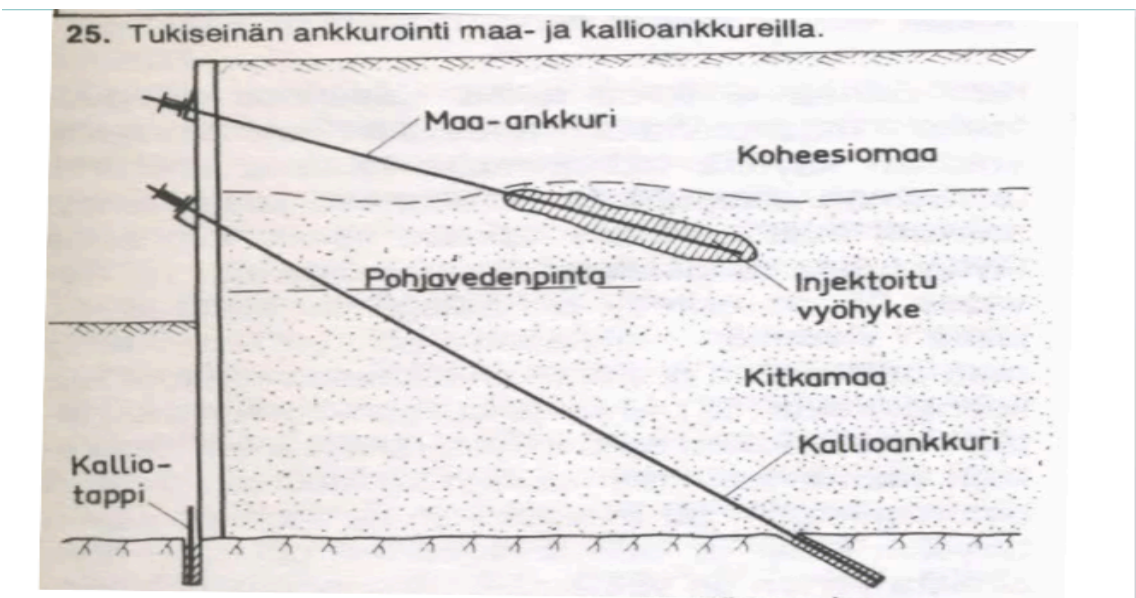
[Putkikaivantojen tuentaohje Espoo 9704/GT]

Edellä mainitut tuenta ja kaivussyvyudet ovat suuntaa-antavia ja niihin vaikuttaa hyvin paljon pontin laatu/profiili sekä tuennassa käytetty H-palkin profiili. Oheiset kaivanto-suunnitelmat on pyritty suunnittelemaan mahdollisimman rautataloudellisiksi ja tämän takia esimerkiksi kaivussyvyys on mahdollista huomattavasti kasvattaa teräksen ja tuenta palkkien kestävyyttä lisäämällä.

3.4 Ankkurointi ja vaakapalkki

Ponttaustuenta tehdään myös usein kohteissa, joissa tuenta ei ole laatikon muotoinen. Seinämä- valli- ja sortumatuennat ovat lähestulkoon aina suoria. Tämä seikka estää ponttikehiköiden käytön, koska mahdollisuutta niin sanottuun vastatukeen ei tällaisissa tilanteissa ole.

Ankkurointi perustuu samaan teoriaan kuin esimerkiksi ponttikehikko. Lyöty seinämä tuetaan H-palkilla sivuttain ja ankkuroidaan. Ankkuroinnit tehdään yleensä aina kalliin riittävän vetolujuuden varmistamiseksi. Myös maaperään tehtävät ankkuroinnit ovat mahdollisia injektointimassan avulla (kuva 19). Mikäli ankkuroitava maaperä on vaikea, voidaan tällöin lyödä maahan niin sanotut ankkuripontit tai valaa maahan ankkurilaatta, johon vetovaijerit tuetaan. Viimeiseksi mainitussa ankkurointitavassa ankkuri on täysin vaakasuuntainen ja sitä kutsutaan passiiviankkuriksi.



Kuva 19. Maa- ja kallioankkuri sekä kalliotappi (kalliopultti)

[RIL 95 Pohjarakennus /166/]

Ankkuroinnin ensimmäinen vaihe on etsiä maaperän geoteknisistä laskelmista peruskallio ja laskea tarvittava porauskulma ponttiseinästä kallioon, johon ankkurireiät porataan. Kallion ankkuri pyritään poraamaan aina 45 asteen kulmalla, maa-ankkuri taas 45 asteen tai loivemmalla kulmalla. Kun kallion sijainti on selvitetty, leikataan Larssenteräsponttiin noin 20 cm x 20 cm reikä, josta poravaunun terä aloittaa poraamisen kohti kalliota. Kun pora tunkeutuu kallioon, ahdetaan poravaunusta paineilmaa porattavaan reikään. Ylimääräinen aines kulkeutuu poraputkea pitkin pois reiästä. Seuraavana työvaiheena pora otetaan ulos reiästä ja sinne asennetaan vetolujuuden vaatima määrä paksuja teräsvaijereita. Kallioporauksessa vaijereiden enimmäismäärä on seitsemän.

Mikäli maaperä on helposti sortuvaa maa-ankkureita tehdessä, porauksen yhteydessä maahan asennetaan teräsputkea, joka estää reiän sortumisen. Kun vaijerit on asennettu, lasketaan reikään tarvittava määrä betoniseosta, joka kovettuu ja lukitsee vaijerit kallioon tai maaperään. Maa-ankkureissa putkea poistetaan reiästä sitä mukaan kun injektointimassaa suihkutetaan reikään. Kun kuivumisaika on saavutettu, asennetaan ponttiseinään poikittaissuunnassa H-palkki, joka jännitetään vaijeritunkin avulla riittävästi kireyteen (kuva 20).

[RIL 263-2014 Kaivanto-ohje /59/ 4.6.1]



Kuva 20. Kiristetyt ankkurivaijerit ja ankkurointi

Asiakkaan on selvitettävä ankkuroinnin tarve jo ennen pontitustyön aloittamista ja tilattava työ alan yritykseltä mikäli ankkurointi on katsottu tarpeelliseksi (kuva 21). Ankkurointilaskelmia voidaan tehdä muun muassa ProSheet, Novapoint, GeoCalc ja GEO-SLOPE -nimisillä tietokoneohjelmilla.



kuva 21. Kolmelta tasolta kallioankkuroitu ponttiseinä Matinkylän metrotunneliin

Ankkureiden tehtävänä on jakaa maamassan ponttiseinämään kohdistama energia useammalle alueelle yhdessä vaakapalkkien kanssa. Mikäli ankkurointi suunnitelma tehdään väärin ja maamassat ovat liian suuret, voivat joko itse ankkurit tai H-palkit hajota liiasta maan paineesta (kuva 22).

Kun seinämä tuentoja tehdään ilman vaadittavaa ammattitaitoa ja laskelmia, voivat seuraamukset olla hengenvaarallisia. Työssä käytettävät materiaalit yhdessä ammattitaidon ja kokemuksen kanssa minimoivat onnettomuus riskiä.

[Raimo Jääskeläinen Pohjarakennuksen perusteet /128/ Tammertekniikka 2003]



Kuva 22. Yhdeksän metriä syvä kaivanto Keimolassa. Kaivannon itäpuolen seinämän tuenta pettänyt kahdelta tuentatasolta. Alemman tason pettäminen johtunut ylemmän tason väärästä asennuksesta. Kehikoiden H-palkit asennettava aina "kahdelle jalalle" niin että sivusta katsottuna palkin profiili on H. HE 300 B palkin taivutusvastus (W) on 1680 cm^3 ja väärin asennettuna eli lappeellaan makaavan vain 571 cm^3

[3.]

Pieniin tai väliaikaisiin kaivantoihin voidaan tarpeen mukaan rakentaa ankkurointipiste myös ponteista. Mikäli seinään kohdistuva vetoenergia on pieni, riittää ankkurointiin esimerkiksi yksittäinen pontti, johon seinämä tuetaan (kuva 23). Ankkuritangon tukemiseen käytetään tällaisissa tapauksissa lattarautaa ja tarpeellisia metallivahvisteita, jotta tanko saadaan tukevasti kiinnitettyä määrättyihin kiinnityspisteisiin.



Kuva 23. Yhteen ponttiin passiiviankkuroitu valumapatoseinämä Kulmakorvessa

Vaakapalkki vaihtoehtoina ankkuroinnin yhteydessä toimivat useimmiten käytetty HE-teräspalkki, putkipalkki, teräspontti tai betonirakenne. Tärkeintä on että vaakapalkin rakenne on koko matkalla yhtenäinen, jotta palkin muodonmuutoksilta välttyttäisiin.

3.5 Juuripultti ja juuripalkki

Jotta ponttiseinämän alapää saadaan pysymään paikoillaan, porataan valmiin seinämän juuriin usein juuripultit. Pulttityö tehdään ponttiseinämän lyönnin jälkeen poramalla joka toisen pontin juureen pultti, joka estää alapään lipsahtamisen. Maan paineesta riippuen pultteja porataan vähintään joka kolmannen pontin juureen. Juuripultin syvyys kallioon porattaessa on noin 0,5-1 metriä. Asennusta varten kallioon asti lyötyyn ponttiin voidaan hitsata teräsputki, jota pitkin pultin asennus tapahtuu. Kiinnihitsattu putki vaikeuttaa pontin maahan tunkeutumista, joten tämän tavan soveltuvuus on kohteesta riippuen suunniteltava erikseen. Juuripulttien poraaminen voidaan joissain kohteissa tehdä myös vasta sen jälkeen kun kaivanto on kaivettu auki. Tämän työtavan etuna on se, että juuripultti saadaan tiukasti tuettua lyötyyn ponttiin ja se toimii tehokkaasti. Jos tähän tapaan päädytään, on otettava huomioon riskit ponttiseinämän alapään pysyvyydestä. Tämän työvaiheen teko tilaajan on selvitettävä ennen kaivannon aloittamista.

Juuripultin varmistamiseksi ponttiseinän juureen valetaan usein betoninen juuripalkki, jonka paikallaan pysyvyyttä voidaan puolestaan tarvittaessa parantaa lisäankkuroinnilla kallioon. Ponttien nostovaiheessa oikein mitoitettut juuripultit yleensä antavat periksi

vibravoimalle ja katkeavat. Pultit kuitenkin hidastavat nostoa huomattavasti ja se tulee ottaa huomioon aikataulutuksessa.

[RIL 263-2014 Kaivanto-ohje 4.7.5 /68/]

3.6 Kaivannon ja ympäristön tarkkailu

Kun kaivanto on tuettu ja asennettu työskentelyvalmiiksi, tulee ympäristöä ja kaivannon rakennetta tarkkailla jatkuvasti. Kaivannon seinissä ilmenneet muodonmuutokset tai maaperässä esiintyvät silmin nähden suuret painaumat kielivät usein siitä, että tuenta on jollakin tasolla epäonnistunut tai että maaperä on häiriintynyt vaarallisesti. Kaivannon tarkkailussa suositeltavia tapoja ovat automaattiset mittauslaitteet, jotka reaaliajassa kertovat mikäli muutoksia tapahtuu.

Mittareiden asennus tulee suorittaa niin, että ne tukevat toistensa mittaustuloksia. Siirtymämittauksia voidaan tehdä esimerkiksi inklinometrimittauksella tai täkymetrimittauksella tukiseinästä. Tämä mittaustapa ilmoittaa tarkasti tukiseinän siirtymisestä tai sijainnin muutoksesta.

4 Kalusto

Pontitusurakan toteuttamiseen tarvitaan lastaus-, purku-, kuljetus- ja lyöntikalusto, jotka esitellään seuraavissa alaluvuissa. Mikäli tilaaja tilaa pontit ja/ tai h-palkit kohdeyritykseltä, alkaa suurten koneiden tarve jo rautavarastolla, jossa tarvittava kuljetuskalusto lastataan (kuva 24).



Kuva 24. Lastauksen valmistelu rautavarastolla.

4.1 Työkone + Movax-ponttivasara

Movax-pontinlyöntivasara on Suomessa suunniteltu ja valmistettu työlaite. Hämeenlinnassa toimiva Unisto Oy on kehittänyt Movax-ponttivasaraa vuodesta 1993. Siitä lähtien vasaroita on muokattu kestävimiksi ja kokovaihtoehtoja (kuva 25) on lisätty käytettävien kaivinkone kokojen mukaan.

[4.]

Vasaroiden iskuteho perustuu nopeaan ja oikea tajuuksiseen vibravoimaan, jonka värinä edesauttaa teräspontin kulkua maaperässä. Tätä taajuutta säädetään lyöntivaiheessa koneen tuottamalla moottorin kierroksilla, jotta pontti saa läpäistyä erilaisia rakennekerroksia maaperässä. Taajuuden säätäminen on myös tärkeä osa rakennettaessa lukkoon lyötävää ponttiseinää. Mikäli maaperä on täysin pehmeä esimerkiksi savea, on tärkeää että toinen pontti johon seuraavaa lyödään lukkoon, ei karkaa maaperään oman painonsa voimasta. Ponttivasaran paino koosta riippuen noin 2500 kiloa.



Kuva 25. Movax-ponttivasaroita, SP80, SP50 ja SP70

Kohdeyrityksessä on käytössä on erikokoisia Movax-ponttivasaroita. Pienin vasaroista on liitetty 16 tonniseen tela-alustaiseen kaivinkoneeseen. Tämän yksikön lyöntiteho riittää noin 7 metriin asti ja sitä käytetään yleensä vain ahtaissa erikoiskohteissa joihin suuremmat koneet eivät mahdu.

Pääosa Suomessa lyötävistä ponteista on pituudeltaan 3-12-metristä. Tämän mittaisen pontin lyöntiin tarvitaan yleensä noin 30 tonnia painava tela-alustainen kaivinkone (kuva 26) johon on liitetty esimerkiksi Movax SP60F -ponttivasara. Tämän yhdistelmän lyöntitehot riittävät pääosin maaperästä riippumatta näiden pituuksien lyöntiin.

Koneen oleellisimpia ominaisuuksia sopivuuteen ovat moottoriteho, hydraulikan teho litramäärä (litraa/min) ja paino. Näiden kolmen ominaisuuden perusteella varmistetaan työn sujuvuus ja kaluston kestävyys.

Ruusunlehti, Arno. 2014. Toimitusjohtaja. Espoo. Työmaakeskustelu.
23.2.2014



Kuva 26. Movax SP60F2 -vasarat yhdistettyinä Volvo EC290CI (30t) ja Liebherr 926 (26t) -tela-alustaisiin kaivinkoneisiin

Kuten tässä tutkimuksessa aikaisemmin todettiin, jossakin kohteissa telakonetta ei voida esimerkiksi katuolosuhteiden takia käyttää. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi kes-

kusta-alueet, joissa liikennekatkojen ajat ovat liikenteen paljouden takia lyhyitä ja konetta joudutaan tietyin väliajoin siirtämään esimerkiksi raitiovaunuliikenteen takia. Tämän takia vasara on myös mahdollista liittää riittävään järeään pyörialustaiseen kairinkoneeseen (kuva 27). Osassa yrityksen tekemistä ponttauksista, pyörialustaisen koneen käyttö oli tarpeellista myös arkojen viheralueiden takia. Kumiset pyörät vahingoittavat pehmeää maaperää paljon vähemmän kuin metalliset telat. TELA-alustaisen koneen käyttö on kuitenkin suotavaa kaikissa mahdollisissa kohteissa, koska tällöin työkoneen tasapaino on huomattavasti parempi. Pyörialustaisen koneen lyöntikapasiteetti rajoittuu noin yhdeksän metrin ponttiin.

Putansuu, Pekka. 2014. Työkoneen kuljettaja kuljettaja. Espoo. Työmaakeskustelu. 20.3.2014



Kuva 27. Vasemmalla pyörialustaiseen koneeseen liitetty Movax

Raskaita työkoneita ja rakennusmateriaaleja käytettäessä on myös kuljetuskalusto suuri osa kokonaisurakkaa. Kuljetusvaiheisiin kuuluu työkoneen lavetointi työmaalle ja erilaiset raskaita kuormia kestävät autot, joilla pontit ja kehikot saadaan työmaalle.

Tilaaajan kannalta huomioon otettavia asioita ovat muun muassa varattava tila logistiikka varten. Ennen työn tilaamista työmaalla on oltava paikka, jossa ponttikone voidaan purkaa lavetilta aiheuttamatta muulle liikenteelle häiriötä tai vaaraa. Koneen laskeminen lavetilta vie noin 10-15 minuuttia, jonka aikana koneen sidonnat irrotetaan ja kone lasketaan lavetilta. Mikäli kyseinen toimenpide joudutaan tekemään katualueella (kuva 28), on työmaalta otettava liikenteenohjaaja, joka varmistaa purkutyön turvallisuuden ja liikenteen sujuvuuden.

Norra, Jukka. 2014. Lavettiauton kuljettaja. Espoo. Työmaakeskustelu. 20.1.2014



kuva 28. Katualueella tehtävä siltapilarin pontitustyömaa

Mikäli työmaa sijaitsee vaikealla paikalla, on hyvä pyrkiä tilaamaan kone työmaalle ruuhka-aikojen ulkopuolella tai keksittävä koneelle liikennettä häiritsemätön purkualue, jotta turhilta ruuhkautumisilta vältyttäisiin.

4.2 Lavetti

Koneiden kuljetuksessa riittävän järeä lavetti on välttämätön. Lavetin kantavuus on mitoitettava kuljetettavan kaluston mukaan ja huomioon tulee myös ottaa mahdollisen varavasaran kuljetusmahdollisuus. Logistinen prosessi on pontitusurakassa lähes aina

kaksiosainen. Ensin työmaalle kuljetetaan tarvittava määrä pontteja ja kehikoita, sen jälkeen vasta kone. Kohdeyhteyksen lavetti (kuva 29) on kansileveydeltään 3,5 metriä, 13 metriä pitkä ja kantaa hyvin 30 tonnisetkin kaivinkoneet. Tämän kokoinen lavetti on optimi kooltaan, koska kuljetus ei vaadi erikoisjärjestelyitä ja mitat eivät ylitä tieliikenteen sallittuja rajoja.

Norra, Jukka. 2014. Lavettiauton kuljettaja. Espoo. Työmaakeskustelu. 20.1.2014

Tutkimuksen kohdeyhteyksen lavettiveturiksi on valittu Volvo FH16 580 (kuva 29). Pitkien kuljetusvälien takia perän välitykset on pyritty optimoimaan riittävän pitkiksi, jotta polttoainekulut saataisiin minimoitua.



Kuva 29. Ponttikone lavettikyydissä lähdössä työmaalle

4.3 Raudankuljetuskalusto

Mikäli asiakas tilaa pontit ja/tai h-palkit kohdeyritykseltä, alkaa kaluston käyttö jo rauta-varastolta, jossa tarvittavat materiaalit lastataan kuljetuskaluston kyytiin joko hiab-nosturiautolla, kaivinkoneella tai pyöräkuormaajalla.

Ponttausurakan tärkeä toimintayksikkö on raudankuljetus kalusto. Kaluston ominaisuuksien tärkeimmät osat ovat kantavuus ja pituus. Kantavuus on tärkeää, koska Larsen 603-pontti painaa noin 65kg/m ja 300HEB noin 117 kg/metri, eli kyse on hyvin painavasta kuljetettavasta materiaalista, teräksestä. Ponttityömailla tarvitaan usein eripituisia pontteja ja H-palkkeja, tällöin kuljetuskaluston kannalta täysperäyhdistelmä on kannattavin ja tarpeita vastaavin työväline (kuva 30). Tällaisen yhdistelmän kokonaiskantavuus on noin 45000 kiloa, joka usein riittää pienimpiin ponttaustöihin kuten pumpaamo- ja säiliökaivantoihin. Täysperäyhdistelmän etuna on myös mahdollisuus ”kortata”, joka tarkoittaa perävaunun kuljettaman raudan kuljettamista työmaalle veturin lavalla mikäli työmaalle kulku on hankala tai liian ahdas yhdistelmälle.



Kuva 30. Kehikoiden ja ponttien purku täysiperäyhdistelmästä.

Toisena tärkeänä toimiva tekijä on pituuden säätely. Joillakin työmailla ponttien tai h-palkkien pituus saattaa ylittää jopa 14 metriä. Tällöin perävaunun pituuden säätäminen tulee ajankohtaiseksi. Tällaiseen kuljetukseen hyödyllinen väline on jatkettava puolipe-

rävaunu jonka pituus pystytään säätämään yhdeksästä metristä aina 16:een metriin asti (kuva 31). Kohdeyrityksessä molemmat raudan kuljetusautot on varustettu kouranosturilla. Tämä mahdollistaa raudan toimituksen työmaalle työaikojen ulkopuolella, koska tällöin kuorman purkuun ei tarvita muuta konetta.

Rajakari, Torsti. 2014. Hiabauton kuljettaja. Espoo. Työmaakeskustelu. 20.2.2014



Kuva 31. Säädettävä puoliperävaunu katon päällisellä nosturilla

5 Maaperä, vaihtelevat olosuhteet ja työn kesto

Pontitustyötä tilattaessa tilaajaa kiinnostaa aina työhön kuluva aika. Pääosin kuluvaan aikaan liittyy aina työskentelyolosuhteet, tila, maaperä ja Suomessa talvisin routa. Useimmat nykyaikana korjaus- tai uudisrakentamiseen liittyvät paikat ovat hyvin ahtaita. Valmiita rakenteita lähellä työskenneltäessä voi työ olla monta kertaa hitaampaa kuin esimerkiksi avoimella paikalla, jossa työolosuhteet ovat ihanteelliset. Uudisrakentamisessa haastavimmaksi osuudeksi muodostuu usein ponttien nosto, joka tehdään vasta kun tarvittava rakennus on tehty ja sen vaatima kunnallistekniikkaosuus on rakennettu (kuva 32).



Kuva 32 Valmiin talorakenteen lähellä tapahtuva pontin nosto. Etäisyys työkoneesta seinään noin 40 cm

5.1 Hydraulinen murtuma ja pohjan nousu

Vaikeissa ja häiriintyvissä maaperissä on aina otettava huomioon maan hydraulisen murtumisen mahdollisuus. Pehmeä maaperä pyrkii aina tasoittamaan itsensä ja tätä kautta riskialttein kohta pontitetun kaivannon sortumiseen on pohja. Kaivannon pysyvyys on aina täten erikseen laskettava myös pohjan osalta. Oikein tehty kaivanto käsittää aina pohjan vakavuuden laskelmat ja muodostaa yhdessä ponttiseinien kanssa toimivan kokonaisrakenteen.

Pohjan nousun estäminen tapahtuu aina ennakoivalla työllä. Työvaiheet on suunniteltava siten, ettei kaivanto joudu olemaan pitkiä aikoja auki ja tarpeellisten materiaalien asennus tapahtuu välittömästi kun se on mahdollista. Aukikaivun jälkeen ensimmäinen työvaihe onkin pohjan arinan teko. Jos kaivannon pohjalle on suunniteltu pohjalaatta, tulisi se valaa mahdollisimman nopeasti kun haluttu kaivussyvyys on saavutettu. Kaivannon pohjan liikehdintää on tarkkailtava jatkuvasti työn edetessä, koska maan pohja pyrkii melko nopeasti palautumaan entiseen asemaansa.

Ilman pohjalaattaa asennettavat säiliöt ja pumppaamot ovat kaikkein altteimpia maan paineesta aiheutuvalle liikehdinnälle. Poikittain asennettujen säiliöiden muoto lisää maan nosteen vaikutusta ja lisää riskiä ylöspäin suuntautuvan energian eli nosteen vaikutusta. Onttojen rakenteiden ankkurointi maaperään on lähes välttämätöntä aina, mikäli pohjalaattaa ei käytetä ja maaperä on niin sanotulla pehmeikköalueella.

5.2 Talvirakentaminen

Suomessa routa on talvisin erittäin vaativa haaste ponttauksessa. Mikäli maaperä on erittäin altis säilömään vettä, routa saattaa ulottua Etelä-Suomen alueella jopa kolmeen metriin. Ponttustyötä voidaan nopeuttaa tekemällä oikeaan aikaan eli juuri ennen ponttustustyön aloittamista riittävä aukikaivu tai maan pehmittäminen. Mikäli todetaan ettei routasyvyys ylitä esimerkiksi yhtä metriä, voidaan pinnan rikkominen tehdä routapiikillä, jolla maan päällimmäisen rakennekerroksen routa saadaan rikottua.

5.3 Työn kesto

Kun työskennellään vaihtelevien maaperien kanssa, työn kestolle ei voida määrittää yleistä yksikkökohtaista työaikaa. Maaperän löyhyyden tai tiiveyden takia ponttustustyön kesto voi vaihdella huomattavasti. Työvaiheena pontin lyöntilyönti on lähes poikkeuksetta hitaampaa kuin nostotyö. Tutkimus tutki erilaisia työkohteita, jotka olivat työtiloiltaan, maaperältään ja pontin pituudelta vaihtelevia. Tutkimuksessa mitattiin työhön kuluvaa aikaa ja pyrittiin määrittämään erilaisille olosuhteille työaikoja.

5.3.1 Tiivismaa

Tiiviin maan työnkesto mittaukset tapahtuivat Karkkilassa. Valmiin teräsrakenteisen hallin sisätiloihin tehtiin laitteiston alustaponttausta (kuva 33). Maapohjana toimi useaan kertaan täryvalssattu teollisuushallin pohja. Maaperä oli pontituksen kannalta erittäin haastava, sillä maa-aines oli lähestulkoon täysin hienohiekkapohjainen.



Kuva 33. Auki leikattuun teräsbetonirakenteeseen lyötävää ponttiseinää kuusimetrisistä ponteista

Maaperän haastavuuden takia pontitustyö kyseisessä kohteessa oli erittäin hidasta. Vaikka kaikkia pontteja ei lyöty lukkoon, oli pontin läpäiseväisyys maaperässä erittäin huono.

Etenemänopeus pontille lukkoon lyötäessä oli noin 90 sekuntia/metri. Lyöntivaiheessa hidastuvuutta aiheutti edellisen lyödyn pontin liikkuminen alaspäin kun lyötävä pontti lähestyi syvyydeltään edellistä ponttia. Tässä kohteessa lyötiin 90 kappaletta kuusimetrisiä pontteja. Konetta käytettiin kolme työpäivää ja tehokkaaksi työajaksi tuli noin 20 tuntia. Työtä hidasti osittain myös vaikeat sisätilat ja katon palkkirakenteet, joita kone joutui varomaan jatkuvasti.

Jousi, Atte. 2014. Työkoneen kuljettaja. Karkkila. Työmaakeskustelu. 19.2.2014

Yhteenvedona tästä kohteesta voitiin laskea, että lyötyjä ponttimetrejä oli 540 ja aikaa työhön kului 20 tuntia. Tulokseksi saatiin siis, että pontinlyöntivauhti oli tässä nimenomaisessa kohteessa 27 metriä tunnissa, eli noin 0.5 metriä minuutissa.

Hiekkamaassa työskenneltäessä tulee ottaa huomioon, ettei tällaista tulosta voi suoraan verrannollistaa muihin hiekkamaihin, koska lyötävän pontin pituus on vaippahanauksen takia erittäin oleellinen tekijä maahan lyötäessä.

5.3.2 Löyhämaa

Seuraavana tutkimuskohteena tutkimus käsitti Somerolla tehtävän ponttaushankkeen. Lyötävät pontit olivat 12 metriä pitkiä ja niiden kappalepaino oli 776,4 kiloa. Kohde oli erittäin haastava, vaikka maaperä oli erittäin pehmeä ja helposti läpäistävä. Tällaisissa erikoispehmeissä maissa ongelmaksi muodostuu maan liiallinen löyhyys, joka aiheuttaa sen, että pontit painuvat omalla painollaan maahan ja saattavat pahimmassa tapauksessa hukkua. Työn hidastuminen johtuu tällaisissa olosuhteissa usein lisätyöstä, joka tarkoittaa sitä, että edellisiä lyötyjä pontteja joudutaan nostamaan tasaisin väliajoin, jotta ne eivät uutta ponttia vibratessa häviäisi maahan.

Tutkimus selvitti tällaisen ongelman ratkaisuksi vaihtoehtoja. Työkoneen kuljettajia haastateltaessa selvisi, että tällaista ongelmaa voidaan hillitä tilaamalla työmaalle tarvittavat materiaalit seinämän pohjan tukemiseen. Ensimmäisenä ehdotuksena todettiin että seinämään tulisi lyödä yksi pitempi pontti tasaisin väliajoin, jotta kiinteään kallioon asti lyöty kohta tukisi seuraavia pontteja.

Toisena vaihtoehtona toimisi teräsputkihaalut, joita lyötäisiin tasaisin väliajoin kallioon asti ja tuettaisiin lyötävä putkihaalu hitsaamalla pontin seinämään.

Kyseisessä tutkimuspaikassa työ oli vaikeista olosuhteista huolimatta nopeampaa kuin tiiviissä maassa. Lyötäviä pontteja oli yhteensä 90, joka tarkoittaa 1080 ponttimetriä. Aikaa työhön kului 14 tuntia, eli pontinlyöntinopeudeksi saatiin noin 77 metriä tunnissa.

Jousi, Jari. 2014. Työkoneen kuljettaja. Karkkila. Työmaakeskustelu.
25.3.2014

Useat pontituskohteet ovat erikoisia ja työnkesto tulee suunnitella aina ympäröivien olosuhteiden mukaan.

6 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan todeta, että pontitustyötä tilatessa huomioon otettavia osalualueita on paljon. Ilman tällaista yhteen nitovaa pakettia, työn kulku jäisi edelleen epäselväksi monille tuleville pontitustyön tilaajille.

Tutkimuksissa tehdyt mittaukset ovat työmaalla yhteistyössä työntekijöiden kanssa tehtyjä ja niiden varmuus on huippuluokkaa. Innovatiiviset koneuskien kanssa käydyt keskustelut auttoivat erittäin paljon ongelmakohtia kartoitettaessa ja edesauttoivat myös tehokkaasti keksimään ratkaisuja, joita työmaaolosuhteissa pystytään vaivattomasti toteuttamaan.

Yhteenvetona työ käsittelee maan tärinä mittauksia ja antaa tietoa työstä aiheutuvasta melusta sekä sen hallinnasta. Työmateriaalien selvitys antaa asiakkaalle pohjatietoa, mikäli materiaalihankinnat ovat suoritettavissa itse asiakkaan toimesta.

Pontitustyötä tilaavalle asiakkaalle tämä insinööri työ toimii hyvänä kokoelmana, joka antaa paljon tietoa työtä edeltävistä järjestelyistä ja suunnitelmista. Kasvava pontitustyöiden tarve lisää myös tiedon tarvetta, jota edellä tehty työ tarjoaa ymmärrettävänä kokonaisuutena.

Kirjallisuusähteet:

Putkikaivantojen tuentaohje Espoo 9704/GT

Jääskeläinen Raimo. 2003. Pohjarakennuksen perusteet. Tampere: Tammertekniikka

RIL 95 Pohjarakennus

RIL 156 Maanrakennus

RIL 263-2014 Kaivanto-ohje

Asiantuntijalausunnot:

Ruusunlehti Arno Toimitusjohtaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Mäntyjärvi Esa Movax-työkoneen kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Jousi Atte Movax-työkoneen kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Jousi Jari Movax-työkoneen kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Putansuu Pekka Movax-työkoneen kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Lindeman Mikko Tekninen johtaja (Movax Oy ltd)

Rajakari Torsti Hiabauton kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Norra Jukka Lavettiauton kuljettaja (Mrl. Arno Ruusunlehti Oy)

Oma osallistuva havainnointi

WWW-Lähteet

[1.] Työsuojelu virasto, Kapeatkaivannot, Työsuojelu oppaita ja -ohjeita 15
http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2010/07/TSO_15.pdf (luettu 12.3.2014)

[2.] Saksalaisen Pontin valmistusyhtiön kotisivu
<http://www.spundwand.de/lieferprogramm/larssen-profile/print.html> (luettu 2.2.2014)

[3.] The engineerin toolbox internetsivu
http://www.engineeringtoolbox.com/he-b-steel-beams-d_1314.html
(luettu 14.3.2014)

[4.] Movax kotisivut
<http://www.movax.com/history3.php?current=history3> (luettu 3.3.2014)

Kuvalähteet:

Kuvat 2, 6, 7, 13 Movax Oy ltd / Lindeman Mikko. Tekninen johtaja

Kuva 4 Työsuojelu virasto, Kapeatkaivannot, Työsuojelu oppaita ja -ohjeita 15
http://tyosuojelujulkaisut.wshop.fi/documents/2010/07/TSO_15.pdf

Kuva 12 <http://www.spundwand.de/lieferprogramm/larssen-profile/print.html>

Kuvat 17, 18 Putkikaivantojen tuentaohje Espoo 9704/GT

Kuva 19 RIL 95 Pohjarakennus /166/

Muut kuvat insinööriyön tekijän ottamia

Taulukkolähteet:

Taulukot 4, 5 Putkikaivantojen tuentaohje Espoo 9704/GT (luettu 3.2.2014)