

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutus

Teemu Juvonen

PORAPAALUTUKSEN VAIHEET, SOVITTAMINEN TYÖMAALLE
JA HÄIRIÖTEKIJÄT T2-ALLIANSSISSA

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2020
Rakennustekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Teemu Juvonen

Nimeke
Porapaalutuksen vaiheet, sovittaminen työmaalle ja häiriötekijät T2-Allianssissa

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kertoa porapaalutuksen eri vaiheista T2-Allianssissa ja tuoda lisätietoa aloittelevalle paalutustyönjohtajalle. Tavoitteena oli havainnollistaa kuvin ja sanoin porapaalutustöiden vaatimia toimenpiteitä ennen porausta, sen aikana ja porauksen valmistuttua. Työn tarkoituksena oli myös tuoda esille porapaalujen käyttömahdollisuuksia maanpaineseinien valmistuksessa.

Opinnäytetyö on toteutettu porapaalutustöiden loppuaikana, jolloin poraustyöt ovat jo vähentyneet huomattavasti. Toteutin työn haastattelemalla porareita ja betoniyksikön työnjohtajia saaden laajemman käsityksen muun muassa paaluanturoiden ja poraustöiden käytännön toteutuksesta. Opinnäytetyö on tehty aloittelevan porapaalutustyönjohtajan näkökulmasta ja täten se toimii hyvänä apuna aloittelevalle paalutustyönjohtajalle.

Porapaalutustöiden johtaminen on todella haastavaa työtä porapaalutustyönjohtajan näkökulmasta. Monta eri porausmestaa ja konetta vaatii paljon ennakoitukykyä sekä jatkuvaa mestojen valmistelua, jotta poraustyöt eivät keskeydy. Opinnäytetyöstä on hyötyä aloittelevalle paalutustyönjohtajalle ja se tuo helpotusta töiden suunnitteluun.

Kieli
suomi

Sivuja 29

Asiasanat

Porapaalutus, porapaalu, settiseinä



THESIS
April 2020
Degree Programme in
Construction Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Teemu Juvonen

Title
Steps of drilling, site matching and distractions in the T2 Alliance

Abstract

The purpose on the thesis was to tell about the different stages of boring piles in the T2-Alliance and bring additional information to the novice boring foreman. The aim was to illustrate with pictures and words the measures required for boring piles work before, during and after boring. The purpose off the work was also to highlight the possibilities of using boring piles in the manufacture of ground pressure walls.

The thesis was completed at the end of the boring pile work, when the boring work has already decreased considerably. The work was carried out by interviewing the drillers and the foremen of the concrete unit, thus gaining a broader understanding of the practical implementation of pile drivers and boring work, among other things. The thesis has been made from the perspective of a novice boring foreman, so it serves as a good help for a novice boring piles foreman.

Managing boring piles is a really challenging job from the perspective of boring foreman. Many different boring sites and machines require a lot of foresight and constant preparation of the boring so that boring work is not interrupted. The thesis is useful for the novice boring supervisor and it brings relief to the planning of the work.

Language

Finnish

Pages 29

Keywords

Drilling piles, drilling pile, sheet metal wall

Sisältö

1	Johdanto	6
2	Porapaalutus T2-Allianssissa	6
3	Rakennusten perustaminen porapaalujen varaan	7
3.1	Paaluperusteiset anturat	7
3.2	Porapaalut liittorakenteena	10
3.3	Paaluperusteiset maantukiseinät	10
4	Porapaalutuksen vaiheet	14
4.1	Vaihtoehtoiset paalutusmenetelmät	14
4.2	Paaluluettelot- ja kartat	14
4.3	Paalujen valmisteleminen	15
4.4	Porauskalusto	16
4.5	Porauskaluston kokoaminen	17
4.6	Paalun asettaminen porausta varten	19
4.7	Kallioporaus	19
5	Sovittaminen työmaalle	20
5.1	Paalutusmestän valmistelu	20
5.2	Paalutuskoneiden sijoittaminen työmaalle	21
5.3	Asettelu	22
5.4	Paalutustyön aikataulutus	23
6	Häiriötekijät	24
6.1	Paalutustaso	24
6.2	Kalustorikot	24
6.3	Laatupoikkeamat ja niiden korjaaminen	25
6.4	Paalujen sijaintien tarkastaminen	26
6.5	Laatupoikkeamien korjaaminen	27
6.6	Paalun kelpoisuuden varmistaminen	27
7	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Käsitteet

Porapaalutus	Porapaalukoneet poraavat maahan teräspaaluja, joiden tarkoitus on siirtää rakenteilta tulevat kuormat kallion-varaisiksi.
Porapaalu	Teräksinen putki, joka porataan maahan. Voidaan va-laa joko ilman raudoitusta, tai sen kanssa.
Settiseinä	Paalujen varaan rakennettu teräksinen seinä, jonka tar-koitus on tukea kaivantoja
Avarrin	Maakenkään kiinnitettävä paalun osa, joka avartaa paalulle tilaa sen porautuessa maahan
Paalutustaso	Maanpinnan taso, jolta poraustyö suoritetaan
Paaluluettelo	Lista porattavista paaluista, josta käy ilmi työhön tarvit-tavia tietoja
Paalukartta	Rakennuspiirustus, johon paalujen paikat on merkitty

1 Johdanto

Opinnäytetyössä kerrotaan, kuinka porapaaluttaminen toteutui T2-Allianssissa ja minkälaisia haasteita se kohtasi. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda aloittelevalle paalutustyönjohtajalle lisää tietoa porapaaluttamisen eri vaiheista ja siitä, kuinka työ kannattaa toteuttaa. Opinnäytetyöhön sisältyy myös maantukiseinien rakentaminen porapaalujen avulla.

Idea työn tekemiseen syntyi samalla, kun johdin T2-Allianssin porapaalutustöitä. Aihe oli itselleni työn puolesta täysin uusi ja kiinnostava. Porapaalutustyöt kestivät yli kuusi kuukautta ja teemme edelleen pieniä lisätöitä, joten aihe on ajankohdainen.

Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa, kuinka paalutustyöt kohteessa sujuivat sekä tuoda lisätietoa aloittelevalle paalutustyönjohtajalle. Työssä käsitellään myös paalujen varaan rakennettavien maantukiseinien valmistaminen ja niiden käyttötarkoitus. Kuvien avulla on tarkoitus selventää lukijalle asiat helpommin ymmärrettäviksi.

2 Porapaalutus T2-Allianssissa

Porapaalutus on valittu lähestulkoon jokaisen yläpuolisen rakenteen perustamistavaksi lentokentän huonosti kantavan maaperän ja todella vaihtelevan kalliopinnan korkeuden vuoksi. Maaperä on lähes koko alueella savea tai muuta huonosti kantavaa materiaalia. Kalliopintojen taso vaihtelee todella paljon työmaan alueella, joten senkään hyötykäyttö perustamistavaksi ei ole mahdollista kuin murto-osassa perustamispaikoista. Tämän vuoksi porapaalutus on pakollinen vaihtoehto, jotta rakenteiden suuret kuormat saadaan siirrettyä kantavalle kalliopinnalle paalujen avulla.

Porapaalutusta on käytetty T2 Allianssissa perustamistapana ja maantukiseinien teossa. Maantukiseinissä porapaalutusta on hyödynnetty settiseinän rakentamisessa, jossa peltilevyjä hitsataan porapaalujen kylkeen ja tällä tavoin muodostaen maantukiseinän.

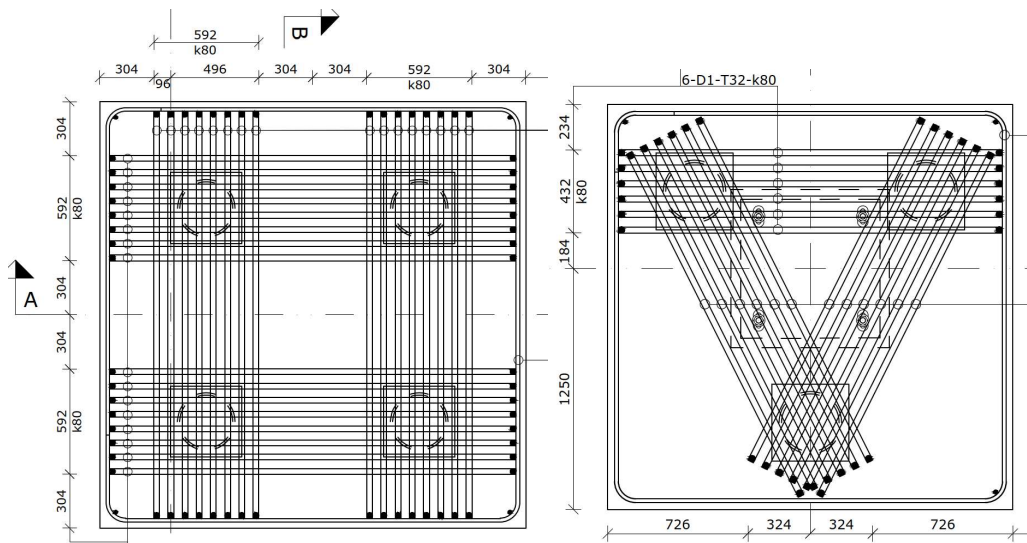
Porapaaluja on käynyt poraamassa kolme eri yritystä. Porapaalutuksen paikat ja paalujen koot vaihtelevat todella paljon. Tämä on vaikuttanut siihen, ettei sama urakoitsija ole pystynyt toteuttamaan kaikkea kokonaan. Porapaalutuksen firman valintaan vaikuttaa eritoten porapaalujen koko eli dimensio ja paalutusta vaativa paikka. Ahtaiden tilojen paalutukseen, joissa korkeutta on maksimissaan kolme metriä on jouduttu tilaamaan ahtaan tilan paalutuskone suorittamaan paalutustyön. Paalujen dimensiot vaikuttavat myös urakoitsijan valintaa. Kaikilla urakoitsijoilla ei ole kalustoa isojen paalujen poraukseen niiden todella kalliiden hintojen vuoksi.

3 Rakennusten perustaminen porapaalujen varaan

3.1 Paaluperusteiset anturat

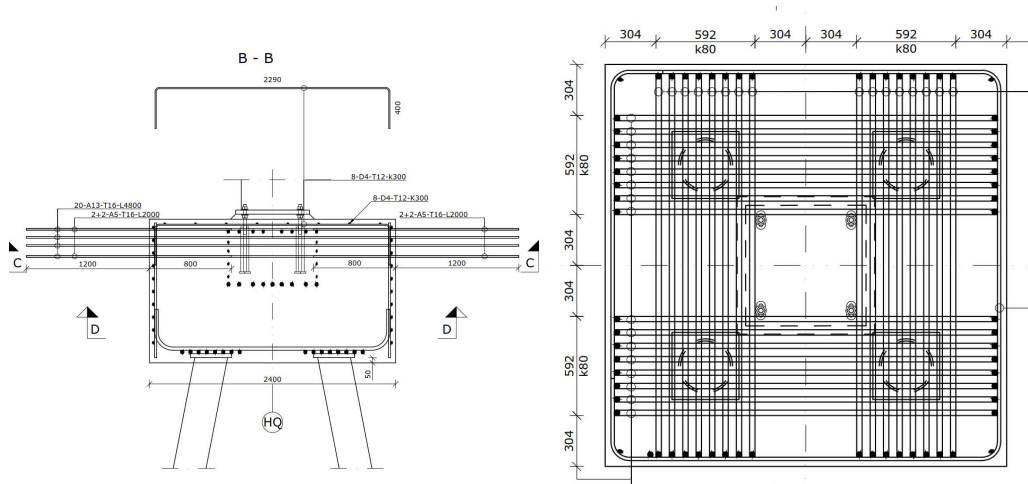
Paalujen varaisten anturoiden tekoon vaikuttaa paalujen määrä, niiden sijainti ja minkälainen yläpuolinen rakenne on. Paalujen varaan perustettavien anturoiden raudoitukseen ja kokoon vaikuttaa paalujen lukumäärä. Jokaiselle paaluryhmälle tai parille on oma raudoitussuunnitelma. Paalujen lukumäärään vaikuttaa, miten anturan ja yläpuolisen rakenteen kuormien jakautuminen halutaan toteutettavan.

Paalujen sijainnin määrittämiseen vaikuttavat paalun koko ja yläpuolisen rakenteen tuoma kuorma. RD320-paalujen minimikeskiöetäisyys on 850 millimetristä aina 10 metrin paalupituuteen asti. Tämän jälkeen minimikeskiöetäisyys kasvaa lineaarisesti. Tällä tavoin yläpuolisen rakenteen kuormat saadaan jaettua mahdollisimman tasaisesti. (SSAB 2020.) Kuvassa 1. havainnollistetaan neljän- ja kolmen paaluanturan raudoitusperiaate, josta selviää myös, miten kuormat jakautuvat paaluille.



Kuva 1. Neljän – ja kolmen paaluryhmän anturan raudoitusperiaate

Porapaaluihin voidaan asentaa raudoitushäkki, tai valaa ilman sitä. Pääperiaate on kuitenkin saada jaettava kuorma kallioon porapaalujen avulla. Porapaalun päähän asennettava paaluhattu helpottaa anturan raudoituksen asentamista, ja paaluhattun reikään valun yhteydessä asennettavat harjateräksset toimivat tartuntoina anturalle. Ilman paaluhattua asennettavasta raudoitushäkistä jätetään anturan koosta riippuen tarvittava määrä tartuntaa. Paalusta jää noin 5 cm valun sisään, jolla se saadaan yhdistettyä anturarakenteeseen. Vinopaalut porataan yleensä 3,5:1 kaltevuuteen. Suunniteltaessa vinopaalujen porausta on otettava huomioon myös poraukseen käytettävä kalusto ja sen ominaisuudet. Vinopaalujen poraus on paalutuskoneille todella kuormittavaa. Kuvassa 2. havainnollistetaan vinopaalujen raudoitusperiaate, sekä valun sisään jäävän 5 cm osuus paalusta.



Kuva 2. Vinopaalujen raudituspiirustus

T2-terminaalin laajennuksella huomattava osa anturoista on perustettu porapaalujen varaan. Paaluperusteiseen perustamistapaan vaikutti todella paljon alueen todella epätasainen kalliopinta sekä rakenteille kohdistuvat poikkeuksellisen suuret kuormat. Porapaalujen varaan perustetut anturat ovatkin tässä kohteessa perusteltu ratkaisu. Paaluperusteisissa anturoissa paaluihin suoritetaan valu, jonka yhteydessä paaluhattu asennetaan paalun päähän jakamaan kuorma tasaisesti. Tämä myös helpottaa anturoiden raudoitusten asentamista.

Kohteen suuren porapaalutusmäärän sekä rakenteille tulevien suurten kuormien vuoksi paalutustyöluokka on PTL3. Tämän myötä paaluihin kohdistuu myös korkeat laatuvaatimukset. Jokaisesta paalusta otetaan tarkkeet, joista selvitetään, miten hyvin paalu on porattu ja täyttääkö paalu sille asetetut sijaintiheydet. Myös paalujatkoksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Paalujatkoksiin tarvitaan aina luokkahitsari suorittamaan työ. Paalujatkoksista 5 % on myös ultraäänitarkastettava, jotta saadaan varmuus siitä, että hitsaus on tehty huolellisesti ja se kestää. (Rakennustieto 2010, 12.)

3.2 Porapaalut liittorakenteena

Kohteessa porapaaluja käytetään myös liittorakenteena tuleville rakenteille, niihin asennettavien tartuntarautojen tai raudoitettujen paalujen muodossa. Raudoittamalla paalu saadaan liittorakenne seuraavalle rakenteelle, esimerkiksi pilarille. Tällä tavoin pilarille kohdistuvat kuormat saavat lisää vahvennusta. Kohteessa porattuihin RD711- ja RD600-paaluihin tuli kaikkiin raudoitus, ja näihin jätettiin myös tuleville pilarirakenteille raudoitushäkin avulla tartuntapituus joko pilarian-turalle tai suoraan paalusta jatkuvalla pilarille. Pienemmissä paaluissa kuormat siirretään paaluille yleensä paaluhattujen avulla, ja raudoituksesta jäävä tartun-tapituus määritellään paalutuspiirustuksissa.

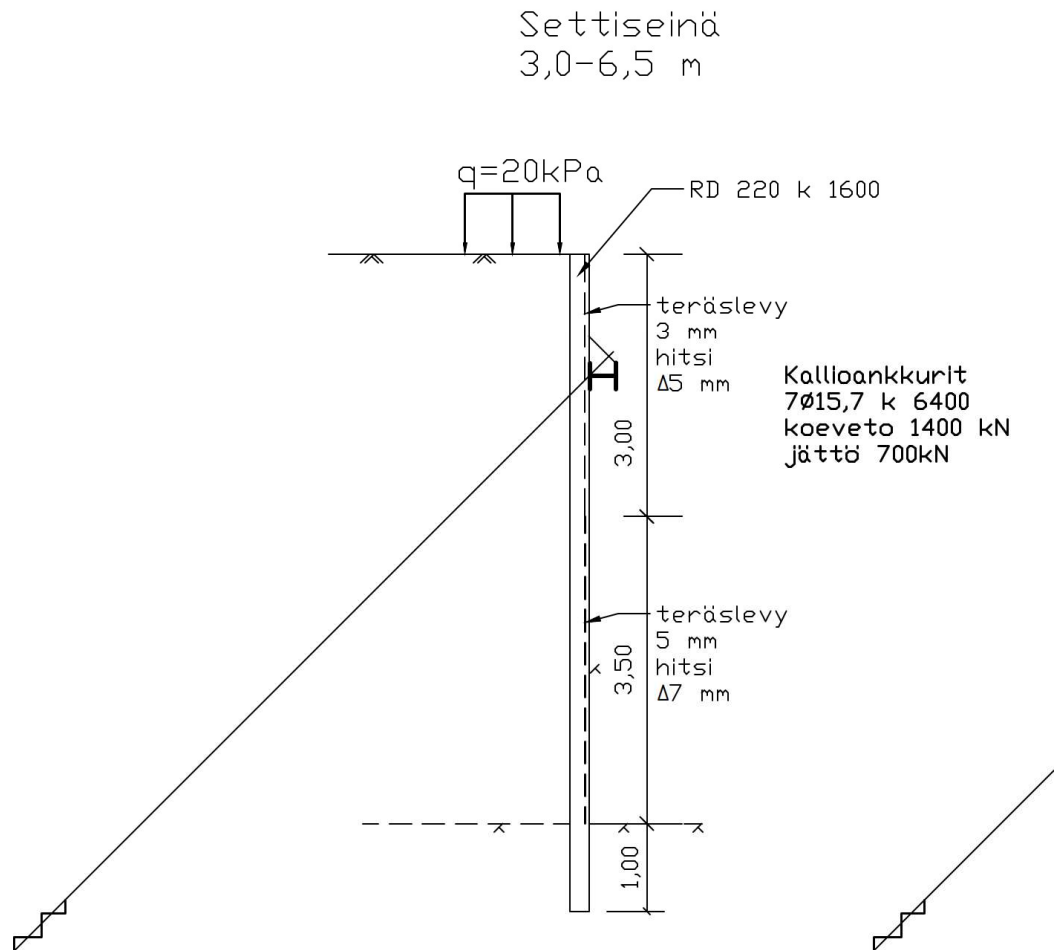
3.3 Paaluperusteiset maantukiseinät

Kaivannot on syytä tukea silloin, kun lähellä on rakennuksia, tai kaivantoa ei ole mahdollista toteuttaa luiskaamalla suuren sortumisvaaransa vuoksi. Myös tilan-säästöllisistä syistä tuettu kaivanto on hyvä ratkaisu ajatellen koko työmaata. Kai-vantoja voidaan tukea rakentamalla muun muassa settiseiniä tai teräsponttisei-niä. Usein tämä ratkaisu voi olla lopulta myös halvempi kuin kaivannon luiskaaminen, joka vaatii todella paljon aikaa suurten kaivu- ja massanvaihtotöi-den vuoksi. Kuvassa 3. olevan settiseinän rakentaminen oli välttämätön kohteen toteutuksen kannalta. Kaivannon syvyys ja penkkojen romahtaminen vaati tuen-taa työn toteutusta varten. (Tuhola. N.d.)



Kuva 3. Kaivannon tukeminen settiseinän avulla

Paaluperusteisissa maantukiseinissä käytetään yleensä RD220 paaluja, joiden varaan rakennetaan 3 mm tai 5 mm pelistä settiseinä. Settiseinä tuetaan kallioon hyödyntämällä kallioankkureita, jotka porataan metrin verran kallioon 45 asteen kulmaan. Kallioankkureiden poraamisen jälkeen putkeen asennetaan vaijeripunos, joka injektoidaan kallio-osuudelta. Injektoinnin jälkeen putki vedetään pois ja tehdään koeveto noin seitsemän päivää injektoinnin jälkeen. Kyseisessä kohteessa koeveto tehtiin 1400kN asti ja vedon pitävyyden todentamisen jälkeen se jätettiin 700kN vetolujuuteen. Kuvassa 4. on settiseinän, eli maanpaineseinän toteutusperiaate, josta käy ilmi kallioankkuroimisen peruseriaate.



Kuva 4. Settiseinän tuenta kallioankkureiden avulla

Tässä kohteessa noin 90 % settiseinärakenteista vaati kallioankkuroimisen korkeutensa ja suurten maanpaineiden takia. Kallioankkuri porataan aina, kun seinämäkorkeus lähentelee kolmea metriä, tai kohde muuten vaatii lisää tukea. Tässä kallioankkuri on porattu hieman alle kolmen metrin korkeuteen, ja settiseinän matkalla niitä on porattu noin 6,5 metrin välein. Kallioankkuroiminen tuo settiseinälle todella paljon lisäkestävyyttä sen suuren vetovoiman takia. Tämän takia on myös tärkeää, että settiseinä rakennetaan suoraan tuettavaa maata vasten, jotta ankkuroinnista saadaan suurin hyöty irti.

Tämä kaivantojen tukemistapa on valittu tällä työmaalla lähellä olevien rakennusten ja todella huonon savisen maaperän vuoksi. Maaperän savi kesti hyvin kassassa kuivalla kelillä, mutta vähänkin kosteutta saatuaan se sortui todella helposti. Savi oli kuivalla kelillä myös todella tiivistä, joten paalujen varaan tehty

settiseinä oli kaikista helpoin toteutettavissa oleva tapa. Myös työmaan kohtuullisen korkeat kalliopinnat mahdollistivat helposti toteutettavan porapaalutuksen. Kuvassa 5. esitetään settiseinän tuennan kannalta oleellinen kallioankkurointi valmiina.



Kuva 5. Settiseinän tuenta kallioankkurilla

4 Porapaalutuksen vaiheet

4.1 Vaihtoehtoiset paalutusmenetelmät

Tässä kohteessa paalujen poraus tapahtui keskitetyllä porausmenetelmällä, mutta myös muita vaihtoehtoja on paalutustyön suorittamiseksi. Paalut jaotellaan pääosin lyötäviin ja porattaviin paaluihin, joiden asennusmenetelmä poikkeaa toisistaan. Porattavissa paaluissa vaihtoehtoina ovat joko keskinen porausmenetelmä tai epäkeskinen. Suurin ero näillä kahdella on siinä, että keskitetyssä porausmenetelmässä avarrinkruunu on keskitetysti suhteessa pilottiin, kun taas epäkeskeisessä se ei ole. Epäkeskinen porausmenetelmä ei sovi niin hyvin Suomen oloihin siinä käytettävien siipiavartimien vuoksi, koska ne eivät ole niin kestäviä Suomen kovan maaperän vuoksi. (Ahomies 2016, 19-21.)

4.2 Paaluluettelot- ja kartat

Porapaalutustyön aloittamiseen tarvitaan paalukartat ja -luettelot. Näiden avulla saadaan suunniteltua työ. Paalukartoissa näkyvät alueelle porattavien paalujen paikat ja koot, joiden pohjalta etenkin työn järjestys on suunniteltava. Paalukoneet ovat isoja, eikä paaluja pystytä poraamaan mihin tahansa. Työssä on pidettävä järjestys, että koneet mahtuvat myös työskentelemään järkevästi. Paalukarttojen avulla työnjohtajat pystyvät myös hahmottamaan, minkälaisia kokonaisuuksia olisi hyvä saada poratuksi, jotta seuraavaa työvaihetta pystytään aloittamaan kiireellisen aikataulun vuoksi. Tämä työmaa oli jaettu lohkoihin, joiden perusteella paalukokonaisuuksia saatiin eroteltua kokonaisuudesta.

Taulukossa 1. esitetään paaluluettelo, josta näkyvät paalujen koot, arvioidut pituudet ja paalunumerot. Näiden avulla porari pystyy merkitsemään omiin pöytäkirjoihinsa, minkä pituinen mikäkin paalu on ollut ja kuinka syväälle kallioon on jouduttu poraamaan. Tämä on tärkeää niin laskutuksen, tilattavien paalumetriä,

paalujen valun kuin raudoittamisen kannalta. Toteutuneen paalupituuden mukaan pystytään tilaamaan sopivat paaluhäkit raudoitusta varten sekä laskemaan tarkka betonin määrä valun suorittamiseen.

Taulukko 1. Paaluluettelo.

Numero	Tyyppi	Teräslaatu	X [m]	Y [m]	Katkaisutaso [m]	Kaltevuus [n:1]	Suuntakulma [astetta]	Arvioitu pituus [m]
574	RD400/12.5	S355J2H	6689433,293	25498239,420	+40,170	5:1	48	6,0
575	RD400/12.5	S355J2H	6689431,503	25498241,057	+40,170		318	5,0
576	RD400/12.5	S355J2H	6689435,082	25498237,783	+40,170		318	6,0
577	RD320/12.5	S355J2H	6689436,962	25498229,906	+41,450		318	7,0
578	RD320/12.5	S355J2H	6689439,237	25498232,392	+41,450	6:1	228	8,0
579	RD320/12.5	S355J2H	6689440,762	25498234,060	+41,450	6:1	48	9,0

4.3 Paalujen valmisteleminen

Paalut tilataan yleensä 12 metrisinä työmaalle, jonka jälkeen alkaa valmistelu porausta varten. Hitsarit sopivat porarin kanssa, minkä mittaisia paaluja hän tarvitsee porausta varten, jonka jälkeen he polttoleikkaavat sopivan määrän paaluja porattavaksi. Paalun polttoleikkaamisen jälkeen paaluun hitsataan paikalleen maakenkä.

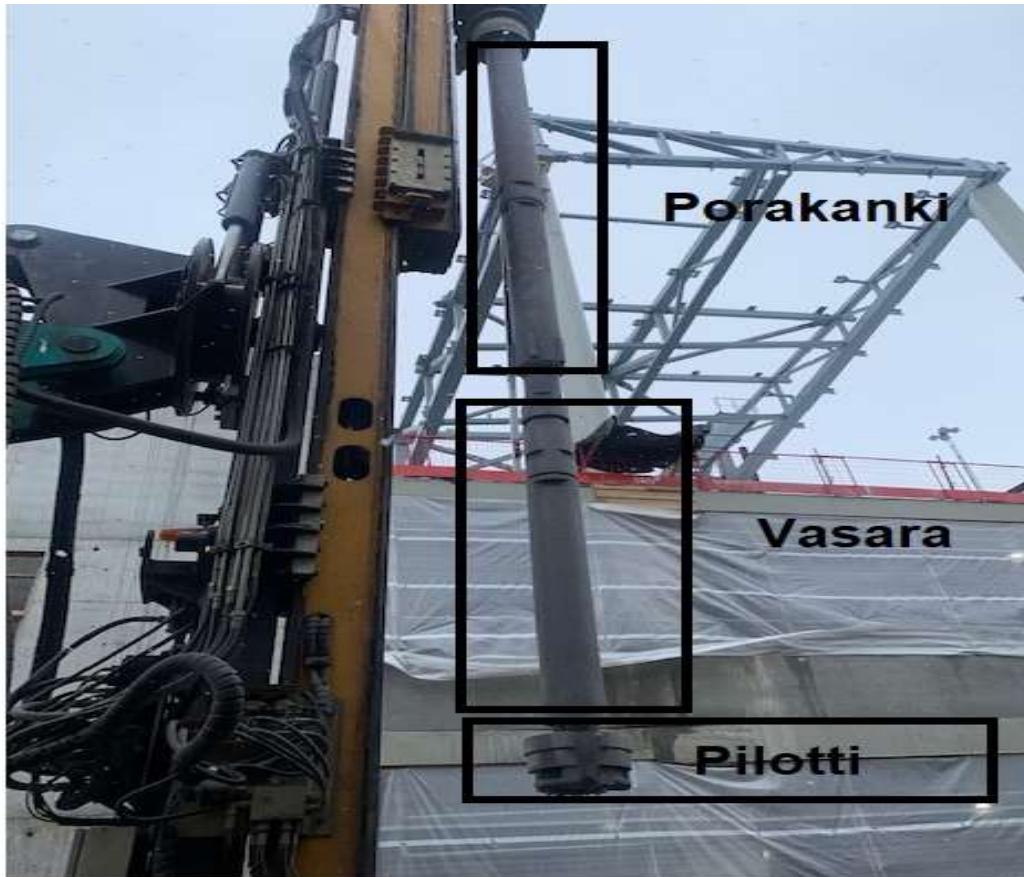
Kuvassa 6. näkyvä maakenkä on hitsattava paaluun todella huolellisesti, ettei sen hitsausseama pääse rikkoontumaan porauksen aikana. Mikäli hitsausseama pettää, porauskankien päässä oleva porauspilotti pääsee tunkeutumaan maakenkän läpi ja pahimmassa tapauksessa juuttuu tämän takia paaluun. Maakengän huolellisesti hitsaaminen on tärkeää, koska porari asentaa maakenkään ennen porauksen aloittamista avarrinrenkaan.



Kuva 6. Paaluun hitsattava maakenkä

4.4 Porauskalusto

Uppoporauskalustoon, joka tässäkin kohteessa oli porausmenetelmänä, kuuluu ylhäältä alaspäin katsottaessa poratanko, uppovasara, pilottikruunu, maakenkä ja avarrin. Keskisessä porausmenetelmässä poratanko pyörittää ja uppovasara iskee alapäässä olevaa pilottikruunua, joka porautuu avartimen kanssa maahan. Tässä menetelmässä paalu ei kuitenkaan itsessään pyöri, vaan pelkästään pilottikruunu ja avarrin hoitavat porauksen. Haluttuun syvyyteen pääsemisen jälkeen porari irrottaa alapäässä olevan avarrinrenkaan paalun päässä olevasta maakenkästä ja täten avarrinrenkas jää maan sisään. Kuvassa 7. esiteltynä porauskalusto kokonaisuudessaan ilman paaluputkea.



Kuva.7 Porauskaluston eri osat.

4.5 Porauskaluston kokoaminen

Porauksen aloittamista varten porarin on tiedettävä, minkä kokoisia ja pituisia paaluja aloitetaan ensimmäisenä poraamaan. Paalujen dimensio vaikuttaa porauskalustoon asennettavien kankien ja pilotin kokoon. Jokaiselle paalulle on olemassa oma porauskalustonsa, joten työn suunnittelussa on huomioitava myös se, että samalla kalustolla pystyttäisiin poraamaan mahdollisimman paljon paaluja ilman porauskaluston vaihtamista. Porauskaluston vaihtaminen on työlästä ja kestää usean tunnin ajan. Tällä tavoin säästetään myös aikaa itse paaluttamiselle.

Ensimmäisenä, kun koneet saapuvat työmaalle, porari ja apumies aloittavat oikean kokoisten porakankien kasauksen porauskoneeseen. Kankien asennuksen jälkeen on vasaran sovittamisen vuoro. Vasaran tehtävänä on pyörittää ja iskeä vasaran jälkeen asennettavaa pilottikruunua, joka poraa maahan paalulle reikää.

Porauskaluston asentamisen jälkeen on vuorossa paalun asentaminen. Paalu voidaan asentaa paikalleen apukoneena toimivan kaivinkoneen avulla, jonka kauhan tilalle on vaihdettu koura.

Paalun asentamiseen on kaksi eri menetelmää. Se voidaan joko nostaa pystysuoraan porausvaunuun sen jälkeen (kuva 8.), kun porauskalusto on nostettu kokonaan ylös. Tämän jälkeen porakanget lasketaan keelin avulla paalun sisään. Tämä tapa on paljon nopeampi, etenkin lyhyempien paalujen porauksessa.



Kuva 8. Apukone nostaa paalun pystysuorana poravaunuun

Toinen tapa on laskea porausvaunun keeli melkein pystysuoraksi maata vasten, jolloin apukone liu'uttaa paalua ja samaan aikaan poravaunu työntää porauskan-
kia paalun sisään. Tämä tapa on paljon hitaampi ja vaatii huomattavasti enem-
män tilaa. Paalujen pituuden määrittäminen onkin tärkeää, ettei ahtailla työmailla
työskenneltäessä tarvitsisi käyttää tätä menetelmää.

4.6 Paalun asettaminen porausta varten

Paalun asennuksen jälkeen on vuorossa paalun asettaminen porattavaan kohtaan. Porapaaluja poratessa mittamies merkitsee paalun paikan merkintämaalilla maahan ja piirtämällä porattavan paalun kohtaan raksin. Paalun kohdalleen asentamisen helpottamiseksi mittamies usein piirtää paalun keskipisteen ja paalukoon perusteella ympyrän. Tällöin paalun ulkoreunat on helppo kohdistaa suoraan niihin.

Paalun porauskohtaan asettamisen jälkeen apumies tai porari katsovat, että paalua lähdetään poraamaan suoraan. Yleensä tämä varmistetaan paalun kyljestä vatupassin avulla, joka näyttää astemääräisesti paalun kaltevuuden. Paalun porauksessa ensimmäiset metrit ovat tärkeitä, jotta paalua lähdetään alusta alkaen poraamaan sille sovittuun astemäärään. Mikäli paalun lähtö on vinossa, on sitä todella hankala enää muuttaa suuremmaksi porauksen edetessä, koska maanpaine vaikuttaa jo niin paljon paaluun. Suorutta tarkkaillaankin koko paalunporauksen ajan.

4.7 Kallioporaus

Maaporauksen jälkeen, kun paalun pää kohtaa kallion, on vuorossa kallioporaus. Ennen kallioporausta paalun suoruus tai kaltevuus on tarkastettava huolella. Kulman tarkastamisen jälkeen aloitetaan kallioporaus. Paalua porataan pääsääntöisesti kallioon kolme kertaa paalun halkaisijan verran. Eli RD320-paaluissa kallioporaus on yleensä noin yhden metrin. Kallioporaus on erityisen tärkeää, että paalua porataan haluttuun suoruuteen tai kaltevuuteen, koska kallioporaus on aikana sitä ei pystytä enää juurikaan korjaamaan.

Kallioporaamisessa porarin ammattitaito on tärkeässä roolissa. Kallion kovuuden toteaminen on tärkeää laadun kannalta. Porari tarkkailee koko kallioporausajan painemittarista, kuinka suurilla paineilla kalliota on porattava, että voidaan

todeta onko, kallio ehjää vai rikkonaista. Poistoilman kautta poistuvasta porasoi-
jasta ammattitaitoinen porari pystyy myös päättämään, minkälaista kalliota on
vastassa.

Paalun saavutettua vähintään kolme kertaa sen halkaisijan verran kallioporaus-
syvyyttä porari nostaa kanget pois paalusta ja asettaa ne paalun kannon päähän.
Tämän jälkeen porari painaa ja vasaroi porakangiston vasaran avulla paalun lop-
pulyönnit. Loppulyönneillä saadaan varmistettua, että paalu on varmasti poh-
jassa ja mahdollisesti kankien ylösnostossa ylöspäin liikkunut paalu saadaan
vielä painettua pohjaan asti.

5 Sovittaminen työmaalle

5.1 Paalutusmestän valmistelu

Ennen porauksen aloittamista on katsottava paaluluetteloista, mihin perustamis-
tasoon jatkorakenteet sijoittuvat. Tämän mukaan on määriteltävä paalutustaso
mahdollisimman sopivaksi. Paalutustaso määritellään niin, että paalun yläpään
korkeus jäisi maanpinnan yläpuolelle. Parhaimmassa tapauksessa porari pystyy
poraamaan paalut suoraan oikeaan tasoon, eikä niitä tarvitse enää jälkikäteen
polttoleikata oikeaan korkoon.

Paalutusmestä täytyy valmistella niin, että pinta on tasainen ja se kestää raskai-
den paalutuskoneiden tuoman kuorman. Tasainen paalutuspinta niin koneelle
kuin myös paalulle on erityisen tärkeää laadun kannalta. Huono paalutuspinta
vaikuttaa helposti paalun suoruuteen sekä hankaloittaa todella paljon poraus-
työtä. Vain paalutustaso hankaloittaa paalun porauksen aloittamista, koska paalu
lähtee helposti viettämään, jolloin paalua on hankala saada poratuksi haluttuun
paikkaan tai kaltevuuteen. Pinnan vinous vaikuttaa samalla tavalla myös paalu-
tuskoneeseen, koska poraustyö on koneillekin todella raskasta ja vinon paalutus-
tason vuoksi poravaununkin pääsee liikkumaan porauksen aikana.

Paalutuspaikka on valittava niin, ettei muiden työt keskeydy paalujen porauksen takia. Paalujen poraamiseen käytettävä kalusto vie paljon tilaa ja kaikille koneille on suunniteltava paikat huolellisesti ennen niiden tuomista paalutettavalle alueelle. Kaluston sijoittamiseen voi käyttää hyvin apuna paalukarttaa, jossa porattavien paalujen paikat näkyy. Myös mittamiehen maastoon merkkeamat paalujen paikat havainnollistavat hyvin, mihin kohtiin paalut todellisuudessa sijoittuvat työmaalla.

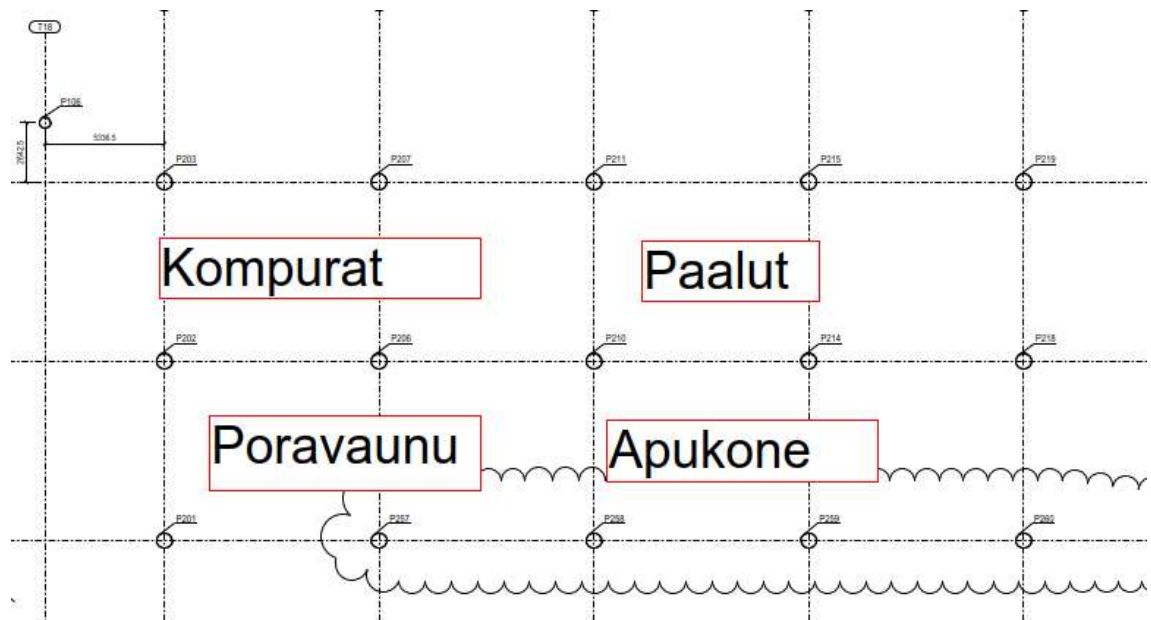
5.2 Paalutuskoneiden sijoittaminen työmaalle

Paalutuskoneiden ja kompuroiden sijoittaminen työmaalle on suunniteltava tarkkaan sen takia, ettei niitä tarvitsisi siirrellä turhaan kesken poraustyön. Tärkeää on myös huomioida muut työvaiheet, jotta ne eivät häiriinny tai pahimmassa tapauksessa keskeydy tilaa vievän paalutuksen takia.

Paalutukseen käytettävien koneiden sijoittelussa tärkeintä on huomioida paalujen sijainnit, jotta paalutuskone pystyy poraamaan mahdollisimman paljon paaluja vähäisillä siirtymismäärillä. Paalutuskoneiden sijoittelussa on otettava myös huomioon paalujen pituus ja millä tavoin uusi paalu ladataan poravaunuun. Pitkien paalujen kanssa on huomioitava paalutustyön lisäksi myös tila uuden paalun lataamista varten. Pitkien paalujen lataus liu'uttamalla vaatii vähintään 25 metriä tyhjää tilaa, jotta paalu saadaan ladattua helposti ja turvallisesti.

Paalutuskoneiden sijoittelussa vuorovaikutus muiden työnjohtajien kanssa on todella tärkeää. Isolla työmaalla samanaikaisia työvaiheita on todella paljon, joten paalutusmestän rauhoittaminen paalutusta varten on tärkeää sopia jo hyvissä ajoin ennen paalutustyön aloittamista. Poravaunukoneet vaativat ympärilleen 30 metriä turvaväliä. Turvaväli on tärkeää paalutuskoneen liikkeiden sekä paalun yläpäältä poistuvan porasoijan takia. Porasoijan seassa voi olla isompia kiviä, rautaa ja kaikkea mitä maaperä voi sisältää. Porauspölyä- ja soijan pölyämistä saadaan hyvin estettyä veden avulla. Myös porattavan paalun ympärille saadaan asennettua esimerkiksi pressu, joka estää pölyn leviämisen. Kaikesta huolimatta turvavälin noudattaminen on ahtailla työmailla todella vaikeaa.

Paalutuskoneiden sijoittaminen on hyvä suunnitella ennen töiden aloittamista. Kuvassa 9. olevat paalut olivat kooltaan RD711, joten työ on suunniteltava hyvin. Isompien paalujen porauksessa poravaunukin on kooltaan huomattavasti isompi ja vie enemmän tilaa. Myös kompuroita on enemmän, joten niiden paikka on myös oltava sellainen, ettei sitä tarvitsisi turhaan siirrellä. Kuvan mukaisella sijoittamisella mahdollistetaan kahden paalurivin poraaminen mahdollisimman vähällä mobilisaatiolla. Poravaunu pystyy poraamaan melkein samalta paikalta kaksi paalua ja uuden paalun lataaminen onnistuu helposti, koska poravaunu mahtuu kääntymään paikallaan ympäri.



Kuva 9. Paalutuskaluston sijoituspaikat paalukartalla

5.3 Asettelu

Paalujen poraukseen käytettävien koneiden oikea sijoittelu on tärkeää työn tehokkuuden ylläpitämiseksi. Yleensä apukone sijoitetaan joko poravaunun etu- tai takapuolelle, jotta uuden putken asettaminen on mahdollisimman nopeaa. Tällä tavoin myös vältetään poravaunun turhalta siirtymiseltä ja samalla porausmesta pysyy parempana. Porausalustan kuntoon vaikuttaa suurien ja raskaiden konei-

den siirtäminen porauspaikalla useaan kertaan. Käytettävä vesi pehmentää porausmestaa jo ennestään ja se ei kestä suurta määrää liikettä. Ahtaissa tiloissa työskenteleminen on suunniteltava huolella (kuva 10.), jotta kaikkien työ edistyy mutkattomasti.



Kuva 10. Paalutuskoneiden sijoittaminen työmaalle

5.4 Paalutustyön aikataulut

Porapaalutusta aloittaessa on huomioitava raskaiden koneiden ja porauskaluston kokoaminen, kuin myös tarvittavien materiaalien toimittaminen työmaalle. Kaikki tämä vie yllättävän paljon aikaa ja se on myös huomioitava aikataulutuksessa. Hyvällä ennakkosuunnittelulla valmistelut saadaan valmiiksi parissa tunnissa. Porapaalutusta aikatauluttaessa on huomioitava porausmesta ja kuinka paljon paaluja tietynlaisissa olosuhteissa on mahdollista porata päivän aikana ilman ongelmia. Tällä tavoin saadaan aikataulutettua porapaalutus muiden työmaan aikataulujen mukaan ja saadaan arvioitua porapaalutustyön kesto.

T2-Allianssissa porapaalutuksella oli aikataulullisesti paljon ongelmia. Paljon kaustorikkoja kokenut poraustyö jäi aikataulussa jälkeen, eikä haluttuihin päiväsaa-

vutuksiin päästy juuri ollenkaan. Keskimäärin RD320 porapaaluja pystyy poraamaan 8 kappaletta päivän aikana ja tätä isompia 4 kappaletta Aikataulun viivästyminen aiheutti lisäkustannuksia, kun jouduimme lisäämään resursseja aikataulun kiinni saamiseksi.

6 Häiriötekijät

6.1 Paalutustaso

Paalutustasossa jouduttiin tekemään kompromissi ajatellen koko työmaan paalutuksia. Pääosin paalutustaso oli noin 1,5 metriä korkeammalla kuin paalun yläpään katkaisukorko. Tämä toi omat haasteensa työhön jo pelkästään sen takia, etteivät paaluluetteloiden arvioidut paalujen pituudet täsmänneet. Tämän takia paaluja jouduttiin poraamaan pitempinä kuin ne oli arvioitu. Tämä toi myös lisää porametrejä ja samalla paalutustyön kustannukset nousivat.

Korkeampi paalutustaso toi myös osaltaan helpotusta anturoiden vierustäyttöihin, kun taso oli jo valmiiksi korkeammalla niin täyttötöiden määrä väheni huomattavasti. Suurimmat ongelmat korkeampi paalutustaso toi paalujen valutöihin, jossa paalun yläpään korko oli suuressa osassa paaluja maanpinnan alapuolella. Jokainen paalu jouduttiin täten kaivamaan esille ja katkaisemaan oikeaan korkoon ennen valamista.

6.2 Kalustorikot

Kohtasimme paalutustöissä todella paljon kalustorikkoja, jotka vaikuttivat työmaan yleisaikatauluun todella paljon. Kalustorikkoja esiintyi lähestulkoon joka viikko. Paalutus on koneille hyvin kuormittavaa työtä, joten kalustorikkoja tulee helposti. Kuluvat osat rikkoutuvat ja joudutaan vaihtamaan uusia tilalle. Paaluttaessa porarin ammattitaito korostuu eritoten myös koneiden ehjänä pitämisessä.

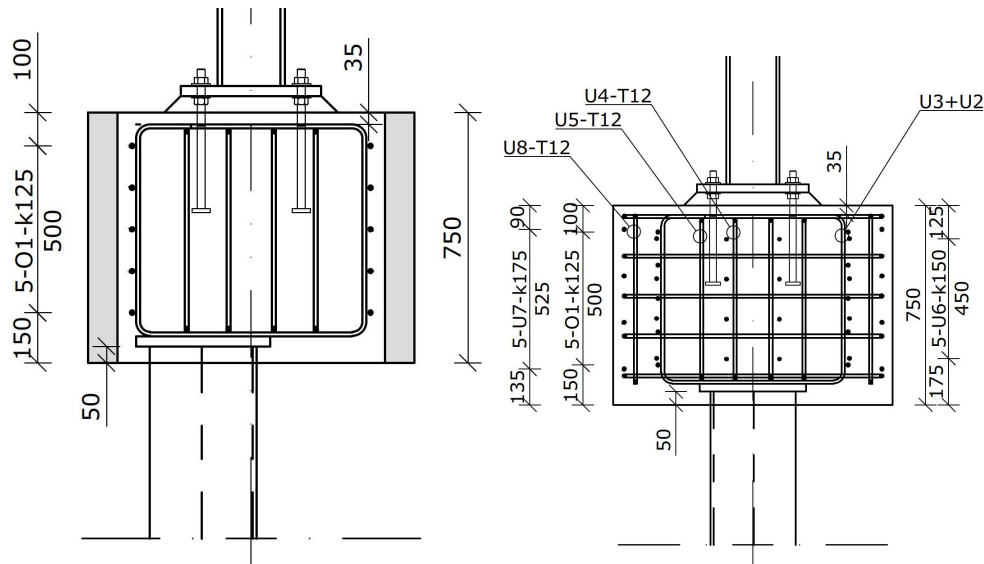
Paaluttamisessa porarin on huomioitava koko ajan minkälaisilla paineilla hän poraa. Mikäli porataan liian kovilla paineilla, niin porauskalusto joutuu kestäättömän rasituksen eteen ja tästä syntyy erilaisia ongelmia. Kalustorikkoja kohdattaessa on tärkeää ensimmäiseksi selvittää mistä vika johtuu ja kuinka nopeasti poravaunu saataisiin takaisin porauskuntoon. Kiireellisten aikataulujen vuoksi porauskaluston aiheuttamat viivästykset toivat todella paljon ongelmia. Kaluston korjaamista varten varaosat jouduttiin usein tilamaan, joka hidasti tehtävää työtä.

6.3 Laatu poikkeamat ja niiden korjaaminen

Paalujen sallitut sijaintipoikkeamat ovat yksittäisille vino- tai pystypaaluille 100 millimetriä, 4-8 kappaleen paaluryhmille sallittu sijaintipoikkeama on 150 millimetriä tätä suuremmille ryhmille sijaintipoikkeama kasvaa 200 millimetriin asti (SSAB 2020).

Sallitun sijaintipoikkeaman korjaaminen hoidetaan yleensä muuttamalla yläpuolisen rakenteen raudoitusta, jos poikkeama on kuitenkin selvästi yli sallitun, on tehtävä korjaussuunnitelma kuormien tasaisen jakautumisen vuoksi. Yleensä keinona on vetää paalu maasta pois ja porata se uudestaan. Toinen vaihtoehto on porata viereen uusi paalu, jolla saadaan korjattua sijaintipoikkeaman aiheuttama kuorman jakautumisen epäkeskisyys.

Kuvan 11. vasemmanpuoleisessa raudoituskuvassa on alkuperäinen raudoituspöörustus, jossa paalun sijaintipoikkeama on havainnollistettu. Oikeanpuoleisessa pilarianturan raudoituskuvassa, jossa sijaintipoikkeama on korjattu terästen määrää lisäämällä. Raudoitusten muuttaminen tuo myös lisähintaa anturalle jo pelkästään materiaalien hankinnan kannalta. Usein raudoitukset on saatettu tehdä myös valmiiksi niin, että ne voidaan vaan nostaa paikalleen. Raudoituskuvien muututtua myös raudoitukset on tehtävä uudestaan, joka vie aikaa ja resursseja muilta töiltä. Pienemmät sijaintipoikkeamat on myös mahdollista korjata pohjaurtojen ja muotin keskittämisellä ottamalla paalun sijaintiheitto huomioon.



Kuva 11. Pilarianturan raudoituskuvat muutosten jälkeen

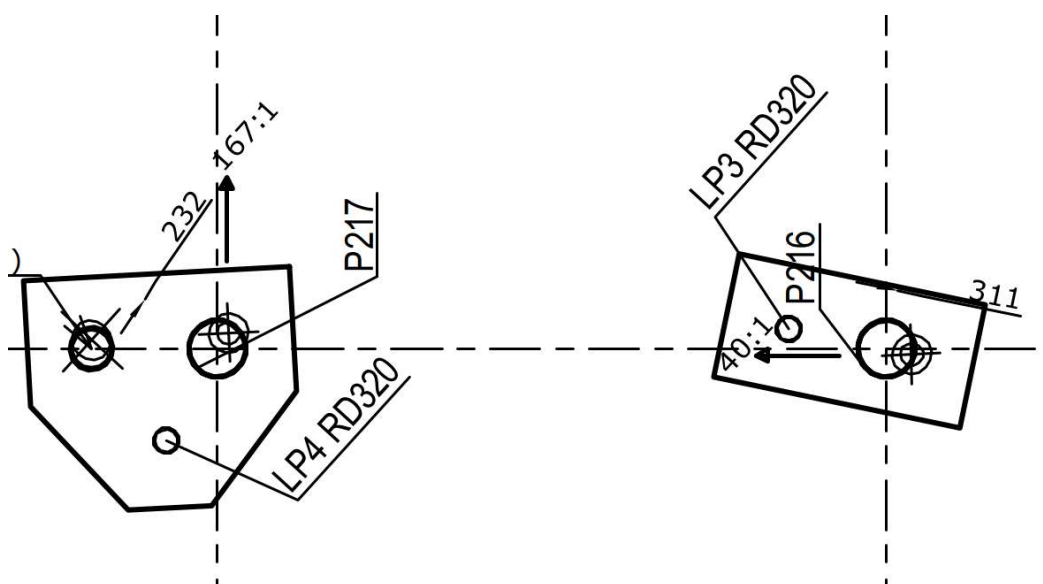
6.4 Paalujen sijaintien tarkastaminen

Paalutuksen edetessä mittamiehet ottavat paalun yläpäästä tarkemittauksen ja vertaavat sitä paalun ennalta sovittuun sijaintiin. Paalun suoruuden saa mitattua ottamalla paalun yläpään tarke, paalun kyljestä piste ja vertaamalla sitä paalun pituuteen. Näin saadaan piirrettyä paalusta tarkeviivatiedosto, josta saadaan selville, miten hyvin paalun poraus on onnistunut. Tarkeviivatiedostot ovat todella hyvä lisäapu laadun havainnollistamiseen.

Loppuvaiheessa yrityksen mittamies oli tarkkailemassa paalun suoruutta koko porauksen ajan, jotta toleranssin ylityksiltä vältyttäisiin. Mittamies katsoi takymetrin avulla jokaisen paalun aloituksen kohdalleen porarin kanssa. Paalun suoruuteen ja porauskohtaan kiinnitettiin erityistä huomiota, että paalu lähtisi porautumaan alusta asti mahdollisimman tarkasti oikeaan toleranssiin. Tämä suoruuden tarkkaileminen jatkui koko paalun porauksen ajan, joka teki työstä hitaampaa. Pahimmassa tapauksessa paalu jouduttiin nostamaan kokonaan ylös, tasoittamaan porausmesta ja aloittamaan poraus uudelleen.

6.5 Laatupoikkeamien korjaaminen

Paalujen toleranssiheitot olivat joissain paikoissa niin suuria, että siihen jouduttiin tekemään korjaavia toimenpiteitä jatkorakenteiden kannalta. Paalujen toleranssiheittoihin oli pakko reagoida, jotta yläpuolisille rakenteille tulevat kuormat saivat varmasti tarpeeksi vahvan perustamistason. Suurimmat paaluheitot olivat RD508 paaluissa. Korjaaviksi toimenpiteiksi toleranssiheiton ylittävän paalun viereen jouduttiin poraamaan ylimääräinen kuvan 12. mukainen RD320 lisäpaalu. Myös jatkorakenteiden raudoituksiin tuli täten muutoksia, jolla saatiin toleranssiheitto korjattua.



Kuva 12. Viereen poratut lisäpaalut (LP4 ja LP3)

6.6 Paalun kelpoisuuden varmistaminen

Paalun poraamisen jälkeen siitä otetaan mittamiehen toimesta tarke, josta nähdään kuinka, hyvin paalun poraus on onnistunut. Tarkkeen ottamisen jälkeen mittamies vertaa sitä suunniteltuun paalunpaikkaan ja siihen miten hyvin mahdollinen kaltevuus on osunut kohdalleen. Paalutuspöytäkirjoista pystytään toteamaan paalun riittävä kallioporaamisen osuus. Tarkemittausten jälkeen paalu saa valuluvan, jonka jälkeen paalu voidaan raudoittaa ja valaa.

7 Yhteenveto

Tässä kohteessa paalutustyöt osoittautuivat todella haastaviksi. Suuret ongelmat paalutustyössä ja todella tiukka aikataulu asettivat työlle entisestään paineita. Aikataulussa pysyminen vaati lähes täydellistä onnistumista jo ennestään haastavaan työhön, mutta tähän työsaavutuksemme ei riittänyt. Aikataulua saatiin kuitenkin korjattua hankkimalla toinen paalutusurakoitsija kohteeseen ja tämä oli ratkaiseva tekijä siihen, ettei betonirakenteiden valmistumisesta ajallaan jääty jälkeä. Tosin tämä vaati suuria ponnisteluja betonirakentamisen yksiköltä, joka suoriutui työstä hienosti.

Opinnäytetyössä käsitellään paalutustyön erilaisia mahdollisuuksia ja etenkin aloitteleva paalutustyönjohtaja saa tästä hyviä lisävinkkejä siihen mihin paaluja pystytään käyttämään ja kuinka niiden poraus käytännössä tapahtuu. Työn suunnitteluun työmaaolosuhteissa kannattaa erityisesti panostaa. Lähestulkoon kaikki työmaat etenkin pääkaupunkiseudulla ovat todella ahtaita. Paalutuskoneet vaativat todella suuren määrän tilaa ja tämä onkin tärkeää ottaa huomioon suunniteltaessa paaluttamista.

Lähteet

- Ahomies, M. 2016. Kallioon injektoitu ja ankkuroitu porapaalu. Liikennevirasto. Tekniikka ja ympäristö-osasto. Opinnäytetyö. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/opin_2016-05_kallioon_injektoitu_web.pdf. 28.2.2020.
- Rakennustieto. 2010. Ratu F1-0371. Perustusten vahvistaminen lyötävillä ja porattavilla teräspaaluilla. Rakennustieto. <https://kortistotrakennustietofi.tietopalvelu.karelia.fi/re-source/juha/content/17830#page=1>. 25.3.2020.
- SSAB. 2020. RR ®- ja RD ®-paalut – Suunnittelu- ja asennusohjeet. SSAB. <https://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/infrastrukturi/infrastructure-downloads>. 28.2.2020.
- Tuhola, M. N.d. Rakennuskaivannon rakentaminen. Rakennustieto. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK98s579.pdf>. 16.3.2020.

