



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Jaakko Jaatinen

Mittausohje peruspulttien asentamiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

19.4.2019

Tekijä Otsikko	Jaakko Jaatinen Mittausohje peruspulttien asentamiseen
Sivumäärä Aika	23 sivua 19.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Ilkka Partonen mittauspäällikkö Vesa Lindroos
<p>Tämän työn tarkoituksena on toimia mittausohjeena peruspulttien asentamisessa hyviä työtapoja noudattaen. Työssä tarkastellaan peruspulttien paikalleen mittauksia ja asentamista sekä niissä esiintyviä ongelmakohtia. Pääasiallisena tarkoituksena on ollut keskittyä työvaiheisiin mittauksen näkökulmasta, mutta työ sivuaa myös asennusta koska se oleellisesti aiheeseen liittyy.</p> <p>Mittausohjeessa esitellään vaiheittain työn eteneminen. Alussa käsitellään mitä valmistelevia toimenpiteitä ja edellytyksiä työ vaatii. Varsinaisen asennustyön selostuksessa käydään läpi erilaisia asennustyöhön liittyviä tekijöitä, ongelmakohtia sekä ratkaisumalleja ongelmiin. Työn loppupuolella käsitellään peruspulttien tarkemittausta ja selkeän tarkedokumentin rakennetta.</p> <p>Työstä pyrittiin saamaan mahdollisimman selkeä ja ymmärrettävä ohjeistus peruspulttien mittaukseen. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Kreate Oy, jonka tarpeesta idea mittausohjeen tekemiseen syntyi.</p>	
Avainsanat	peruspultti, rakennusmittaus, takymetrimittaus, tarkemittaus

Author Title	Jaakko Jaatinen Instructions for Installation of Anchor Bolts
Number of Pages Date	23 pages 19 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Ilkka Partonen, Senior Lecturer Vesa Lindroos, Surveying Manager
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to create instructions for the installation process of anchor bolts while obeying good working practices. The final year project focused on the stakeout of reference points, but covered also the installation of bolts on a construction site, since the two are inevitably linked. Moreover, the problems occurring in the work process were discussed.</p> <p>The thesis covered the working process of the stakeout and installation of bolts phase by phase. In the beginning, the preparation work and requirements were looked into. In addition, important factors related to the practical work and possible problems that may occur in the installation process were revised. In the end, the as-built survey and the structure of final documentation were discussed.</p> <p>The final year project resulted in clear and coherent instructions for the stakeout and installation of bolts on a construction site. The instructions will be used at the commissioning company.</p>	
Keywords	anchor bolt, construction surveying, total station surveying, as-built survey

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tarkemittaus	2
2.1	Koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä	2
2.2	3D-Win-ohjelma	5
3	Peruspulttien asennus ja mittaus	6
3.1	Peruspulttien asennus	6
3.1.1	Peruspultit ja asennustoleranssit	6
3.1.2	Asennusta valmistelevat toimenpiteet	8
3.1.3	Asennustyö	10
3.2	Peruspulttien kiinnitys	12
3.2.1	Sapluunat	12
3.2.2	Tuenta	15
3.3	Pulttien tarkistaminen	16
3.3.1	Tarkemittaus	16
3.3.2	Pulttien oikaisu	17
3.3.3	Toimenpiteet väärään sijaintiin valetulle pultille	17
3.4	Sijaintitietojen dokumentointi ja edelleen luovutus	18
3.4.1	Loppukäyttäjälle oleelliset tiedot	18
3.4.2	Selkeän tarkedokumentin luovutus	19
4	Pohdinta	22
	Lähteet	23

Lyhenteet ja selitykset

sapluuna	Metallista tai puusta tehty malli, jonka avulla peruspultit asennetaan rakenteeseen.
takymetri	Maanmittauksessa käytettävä mittalaite, jolla mitataan kulmia ja etäisyyksiä, laitteella määritetään pisteiden sijaintia
tarke	Tarkkeella tarkoitetaan kartoitettua havaintoa jostakin kohteesta, tarketta verrataan usein suunnitelmien tietoihin
tähys	Tarratähys tai prisma, käytetään takymetrimittauksessa sijainnin määrittämiseen

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli mittausohjeen luominen peruspulttien paikalleen mittauksista ja asennusta varten. Työn toimeksiantajana on Kreate Oy, jonka tarpeesta idea opinnäytetyöhön syntyi. Työn tarkoituksena oli tutkia peruspulttien paikalleen mittauksista ja mittauksessa esiintyviä ongelmia sekä toimia ohjeistuksena peruspulttien asennuksissa noudattaen hyviä työtapoja. Opinnäytetyössä esitellään erilaisia tapoja mitata ja asentaa peruspultit paikalleen. Tämä työ käsittelee pääasiassa perustuksiin ankkuroitavia pultteja. Lisäksi työssä käsitellään koordinaatistoa ja korkeusjärjestelmää, sillä niiden ymmärtäminen on välttämätöntä paikalleen mittauksen, asentamisen ja tehdyn työn tarkastamisen kannalta. Paikalleen mittauksen ja asennuksen laadukas onnistuminen varmistetaan työn lopuksi tehtävässä tarkemittauksessa. Tarkemittauksessa saatua aineistoa voidaan käsitellä esimerkiksi 3D-Win-ohjelmalla, jota on käytetty tässä työssä esitettyjen tarkemittausesimerkkien käsittelyssä. Työn lopuksi pohditaan käytännön työssä ilmeneviä haasteita.

2 Tarkemittaus

Tarkemittaus on mittaus- ja kartoitustekniikassa sekä rakennustekniikassa käytetty käsite, jolla tarkoitetaan jonkin kohteen sijainnin ja korkeusaseman tarkastamista mittamalla. Näin ollen mitattuja arvoja voidaan verrata suunnitelmatietoon ja saadaan tietää todellisen ja suunnitelmatiedon välinen poikkeama. Kohteina voi olla esimerkiksi putki, kaapeli, maanpinta, betonirakenne tai tässä työssä esiintyvä peruspultti.

Tarkemittauksia tehdään sekä oman työn laadun tarkkailemiseksi ja työvaiheiden yhteensovittamiseksi mutta tämän lisäksi tarkemittauksia tehdään myös sopimuksellisista syistä. Rakennusalalla jokaiselle kohteelle on laadittu oma työselostus, joka määrittää tarkemittausten tarpeen eri työvaiheissa. Vaatimuksissa määritellään tarkemittauksille toleranssit sekä mittaustapa. Tarkemittaus voidaan suorittaa takymetrimittauksena tai vähemmän tarkkuutta vaativissa kohteissa satelliittimittauksena joko GPS-sauvalla tai koneohjausjärjestelmän avulla.

2.1 Koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä

Koordinaatiston ja korkeusjärjestelmän tiedostaminen ovat oleellisia mittauksen kannalta. Tässä työssä kaikki esiintyvät koordinaatit ovat ETRS89-koordinaattijärjestelmän ja sen kanssa käytettävän Gauss-Krüger-karttaprojektion (GK) mukaisia. GK-karttaprojektiossa Suomi on jaettu 13 projektiokaistaan, jotka on numeroitu GK-19–GK-31. ETRS-GK-tasokoordinaatistoa käytetään etenkin kaavoitus- ja rakennustoiminnassa koska sen projektio lähellä keskimeridiaania on mittatarkka, mutta etäännyttäessä keskimeridiaanilta mittakaavavirhe kasvaa. GK-tasokoordinaatistossa pohjoiskoordinaatti kuvaa kohteen etäisyyttä päiväntasaajalta. Itäkoordinaatti puolestaan muodostuu projektiokaistan tunnuksesta ja keskimeridiaanin arvosta 500 000 metriä. Tämä lukema on annettu keskimeridiaanille, jotta voidaan välttää negatiivisten arvojen käyttäminen. [1, s. 161–163; 2; 3]

XYZ	Data
X	6689473.951
Y	25498259.924
Z	55.687

Kuva 1. Koordinaatit 3D-Win-ohjelmassa.

Esimerkiksi kuvassa 1 X-koordinaatti eli pohjoiskoordinaatti kuvaa pisteen etäisyyttä päiväntasaajalta metreinä. Kuvan tapauksessa etäisyys päiväntasaajalta on siten 6689,473 kilometriä. Y-koordinaatti eli itäkoordinaatti muodostuu projektiokaistan tunnuksesta, joka ilmoitetaan itäkoordinaatin kahdella ensimmäisellä luvulla. Kuvan 1 tapauksessa kohde on projektiokaistalla GK25. Keskimeridiaanin ollessa 500 000 metriä, kohde on 1740,076 metriä keskimeridiaanista länteen. Z-koordinaatti eli korkeusasema kuvaa kohteen korkeutta suhteessa merenpintaan. Kuvan 1 Z-koordinaatin etäisyys geoidista on 55,687 metriä. Geoidilla kuvataan merenpinnan jatketta mantereella.

Kuvassa 2 voidaan nähdä, että GK-karttaprojektiossa GK-25 -kaistan keskimeridiaani kulkee Helsingin läpi ja on ilmennetty punaisella katkoviivalla. Kaistojen rajat näkyvät mustina viivoina, ja kuvan alaosassa näkyvät kaistojen tunnukset. Itäkoordinaatti siis kasvaa itään päin mentäessä ja vähenee länttä kohden.



Kuva 2. Gauss-Krüger-projektion kaistat Etelä-Suomen alueella [3].

Valtakunnallisia korkeusjärjestelmiä on Suomessa neljä kappaletta. Ensimmäinen NN-korkeusjärjestelmä perustuu Suomen ensimmäiseen Geodeettisen laitoksen tekemään tarkkavaaitukseen, joka aloitettiin 1892 ja saatiin päätökseen 1910. Toinen tarkkavaaitus suoritettiin vuosina 1935–1975, jonka aikana luotiin tilapäinen N43-korkeusjärjestelmä sekä työn valmistuttua syntyi N60-korkeusjärjestelmä. Uusin N2000-järjestelmä valmistui kolmannen valtakunnallisen tarkkavaaituksen tuloksena vuonna 2004. Se on koko valtakunnan kattava järjestelmä ja on myös liitetty maan pohjoisosissa Ruotsin ja Norjan vaaitusverkkoihin. Useampaan tarkkavaaitukseen ovat syynä sekä jääkauden jälkeinen maanpinnan kohoaminen mutta myöskin ensimmäisten tarkkavaaitusverkkojen puutteellinen kattavuus maan pohjoisosissa. [1, s. 168-169.]

Tässä työssä kaikki esiintyvät korkeusasemat ovat N2000-korkeusjärjestelmän mukaisia. Suomen valtakunnalliset korkeusjärjestelmät perustuvat ortometriseen korkeuteen. Korkeutta siis verrataan geoidiin, jolla tarkoitetaan merenpinnan kuvitteellista jatketta mantereella. [1, s. 165.]

Työssä esiintyvät mittaukset on suoritettu pääkaupunkiseudulla. Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen tekivät vuoden 2012 lopulla muutoksen rakennusvalvonnassa, että kaikki pääpiirustukset ja toteutus suunnitelmat on oltava samassa tasokoordinaatistossa ja

korkeusjärjestelmässä. Uutena tasokoordinaatistona otettiin käyttöön ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmänä N2000. [1 s. 161, s. 168; 4; 5.]

2.2 3D-Win-ohjelma

3D-Win on suomalainen mittausaineistojen käsittelyyn ja raportointiin tarkoitettu tietokoneohjelmisto. Ohjelmisto on lisenssipohjainen, ja se on käytössä useilla kunnilla, laitoksilla ja yksityisillä yrityksillä eri maissa. [6]

Ohjelmalla voidaan käsitellä tai tehdä uusia mittaukseen käytettäviä aineistoja, tehdä koordinaattimuunnoksia sekä käsitellä mitattuja aineistoja. Takymetrillä mitattu aineisto voidaan siirtää ohjelmaan joko manuaalisesti ulkoista muistitilaa käyttäen tai erillistä ohjelmaa käyttäen pilvipalvelun kautta. Mittaukseen käytettävä aineisto voidaan siirtää myös ohjelmasta takymetrille. Ohjelmalla voidaan käsitellä ja tarkastella suunnitelmia suhteessa maastossa mitattuihin pisteisiin ja luoda tarkekuvia mitatuista kohteista.

3 Peruspulttien asennus ja mittaus

3.1 Peruspulttien asennus

Peruspulttien asennukseen ryhdyttäessä on tärkeää tutustua tartuntapiirustuksiin ja työselostukseen, josta ilmenee peruspulttien asennustoleranssit. Ennen asennustyötä on myös selvitettävä, mitä valmistelevia toimenpiteitä kohteella vaaditaan. Asennustyöhön voidaan ryhtyä, kun tartuntapiirustukset on saatu oikeassa, työmaalla käytössä olevassa koordinaatistossa. Digitaalisessa muodossa olevia kuvia voidaan joutua kääntämään Helmert-muunnosta käyttäen esimerkiksi tontin rajapyykkien perusteella.

3.1.1 Peruspultit ja asennustoleranssit

Peruspultteja käytetään betoni- ja teräsrakenteiden ankkuroimisessa betonirakenteisiin. Tällaisia ankkurointeja ovat esimerkiksi teräs- ja betonipilarit, betonielementit ja teollisuuden koneet. Teräksiset ankkurointipultit siirtävät veto-, puristus-, ja leikkausrasituksen teräsbetonirakenteisiin. [7] Kuvassa 3 on esimerkki peruspultista.

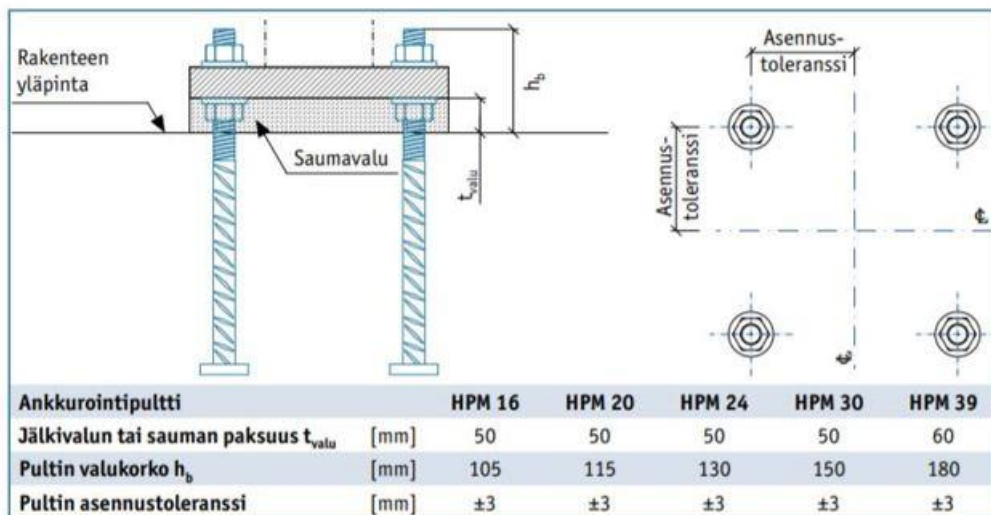


Kuva 3. Peruspultin yläpäässä on kierreosa, johon on ruuvattu kiinni mutterit ja aluslevyt. Alapäässä on tartunta, joka varmistaa pysymisen valussa. [7]

Peruspultit asennetaan perustuksiin ennen betonin kovettumista. Perustusten päälle asennetaan elementti tai kone, jonka mitat on huomioitu suunnittelussa jo etukäteen. Päälle asennettavassa rakenteessa on kenkäliitos, joihin peruspulttien on osuttava. Yksittäisissä pulteissa sijaintitarkkuuteen vaikuttaa pulttien keskinäinen sijainti toisiinsa nähden. Pulttiryhmien kanssa sijaintitarkkuuteen vaikuttaa myös pulttien ristimitta ja kiertymä.

Peruspultteja on saatavilla erikokoisia ja eri mallisia useilta eri valmistajilta. Kuvassa 4 on viisi erilaista Peikon valmistamaa peruspulttimallia (HPM16, HPM20, HPM24, HPM30, HPM39). Pultin asennustoleranssi määräytyy pultin mallin mukaan. Asennustoleranssin lisäksi valmistaja ilmoittaa pultille asennuskorkeuden ja saumavalun paksuuden pultin mallin mukaan.

Ankkurointipulttien valukorot ja asennustoleranssit.



Kuva 4. Valmistajan ilmoittamat asennustoleranssit ja valukorkeudet erikokoisille pulteille [8, s. 30].

Peruspulttien asennustoleranssin lisäksi valmistaja on asettanut pulttien valmistusprosessiin toleranssit pulttien kokonaispituudelle ja kierteen pituudelle (kuva 5). Laadunvalvonta jo peruspulttien valmistusprosessissa mahdollistaa pulttien mittauksen ja asentamisen onnistumisen.

Valmistustoleranssit	
Pituus	± 10 mm
Kierrepituus	+ 5 mm, - 0 mm

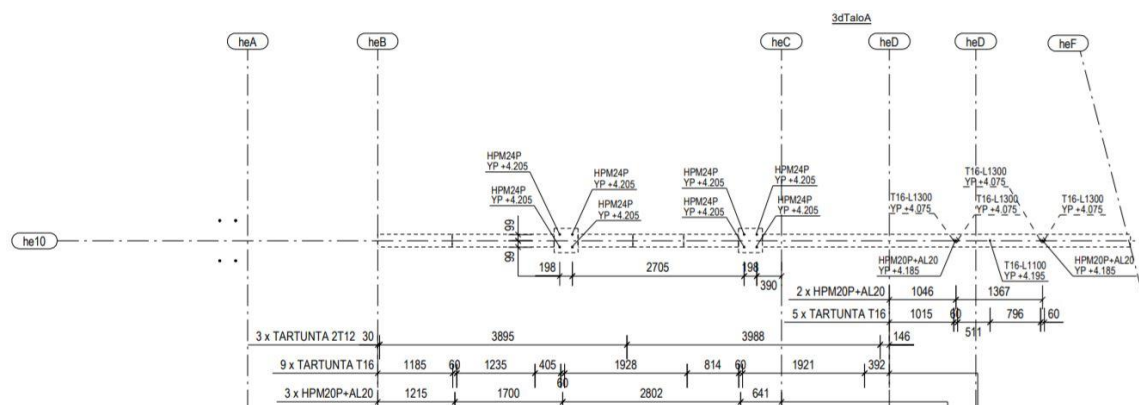
Kuva 5. Valmistajan asettamat toleranssiarvot pultin pituudelle ja kierrepituudelle valmistusprosessissa [8, s. 9].

3.1.2 Asennusta valmistelevat toimenpiteet

Ennen peruspultin asennusta on asennustyötä valmisteltava. Pulttien asennus takymetrimittauksella apuna käyttäen vaatii takymetrin orientoimisen. Työmaalla on usein olemassa runkopisteverkkona tähyksiä, jotka on muodostettu kaupungin rakennuspaikalle tuomista koordinaateista. Kaupungin mittaosasto tuo rakennuspaikalle muutamia tähyksiä joita hyödyntäen pystytään luomaan koko työmaan kattava pisteverkko. Tarra- tai prismatähyksiä hyödyntäen takymetri saadaan orientoitua vapaa asemapistemenetelmää käyttäen. Tätä menetelmää käytettäessä on huomioitava, että asemapisteeltä on

näkyvyys sekä työkohteelle että tähyksiin. Menetelmän mahdollisia ongelmia ovat, että työkohteella hyödynnettäviä tähyksiä ei ole eikä kohteen ympäristössä ole vakaita pintoja, joihin tähykset voitaisiin kiinnittää. Lisäksi takymetrin orientointi voi olla haasteellista, mikäli työkohde on huomattavasti maanpintaa korkeammalla eikä siellä ole vakaata pintaa, johon takymetrin voisi orientoida.

Oleellista työn valmistelun kannalta on, että mitaajalla on pulttien koordinaatit käytössä. Koordinaatit on yleensä annettu elementtien tartuntapiirustuksissa (kuva 6), mutta ne voidaan joutua myös poimimaan esimerkiksi perustuskuvasta. Mitaaajan on muistettava tarkistaa, että suunnitelmassa käytettävät koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät ovat samoja työmaalla käytettävän koordinaatiston kanssa. Takymetrimittauksessa käytetään pistetiedostoa, jossa on koordinaattipisteinä peruspulttien keskipisteet ja pultin kannan korkeusasema. Kun takymetri saadaan orientoitua ja pistetiedosto saadaan työmaalla käytössä olevassa koordinaatistossa käyttöön, on mitaustyö mahdollista aloittaa.



Kuva 6. Esimerkki tartuntapiirustuksesta, josta mitaaja poimii peruspulttien sijainnit ja korkeudet mitausta ja asennusta varten [9].

Ennen peruspulttien asennusta on tarpeellista miettiä tartuntapiirustuksen toteutuskelpoisuutta. Mahdollisia ongelmia tartuntapiirustuksen toteutuskelpoisuudessa voi olla muuan muassa pultin pituus rakenteen sisällä. Mikäli pultti on liian pitkä eikä se mahdu rakenteen sisään, joudutaan pulttia lyhentämään tai nostamaan asennuskorkoa (kuva 7, esimerkki 1), jotta pultti ei läpäise rakennetta maakerrokseen asti. Vaihtoehtoisesti pultti voi olla liian lyhyt eli asennettaessa pultti jää liian paljon näkyviin ja betoniin jäävää tartuntapintaa on liian vähän (kuva 7, esimerkki 2). Tällaisessa tapauksessa peruspultin rakenteen pinnalle jäävään osuuteen kohdistuvat voimat saattavat irrottaa pultin

paikoiltaan. Lisäksi on tartuntapiirustuksen toteutuskelpoisuutta arvioitaessa otettava huomioon, mikäli pultti valetaan useampaan rakennekerrokseen (kuva 7, esimerkki 3). Peruspultti voi jäädä epähuomiossa asentamatta ensimmäiseen kerrokseen ja seuraavaan kerrokseen asennettaessa havaitaan, että pultti on liian pitkä.



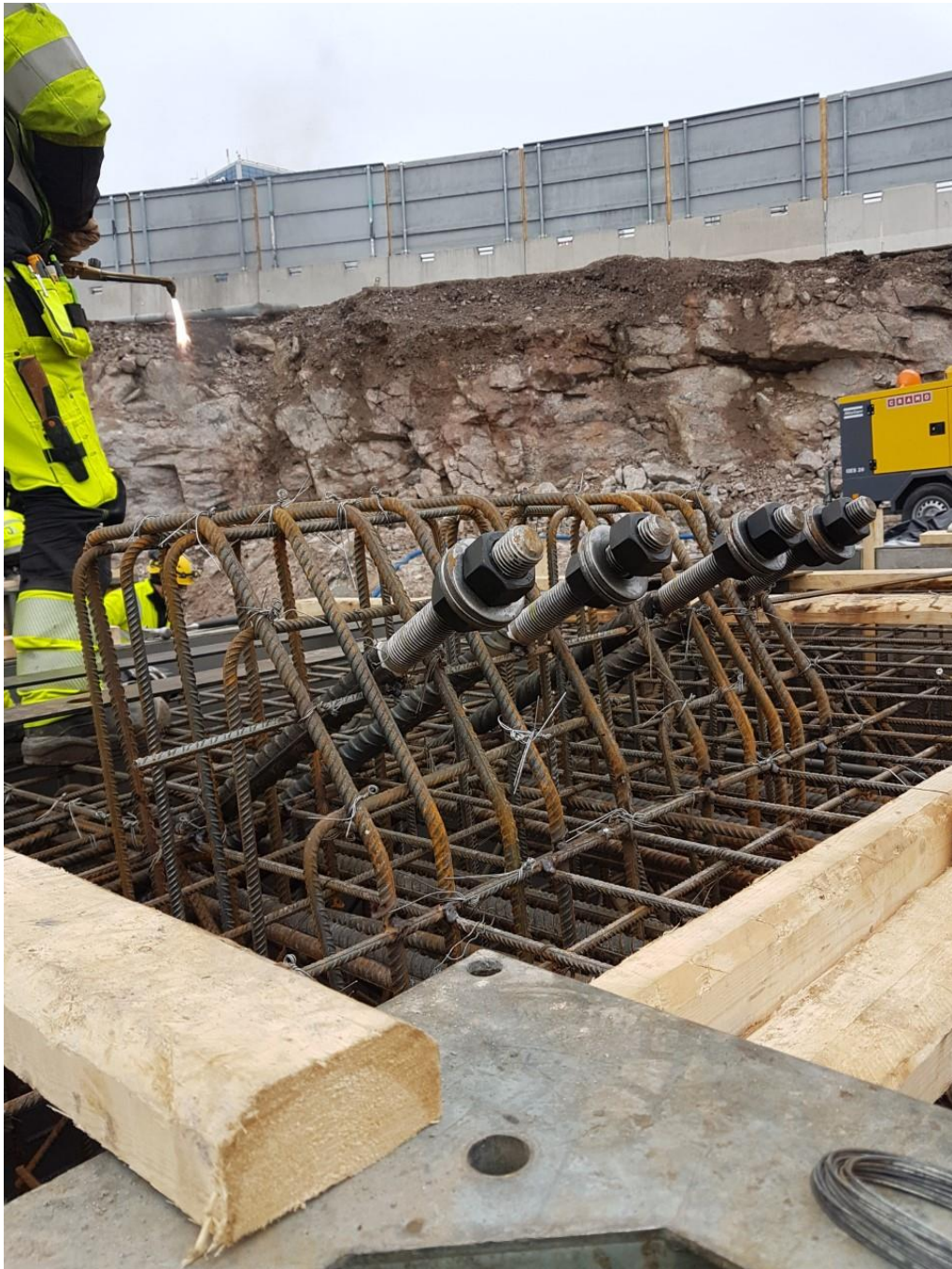
Kuva 7. Peruspulttien väärin pituuksien aiheuttamat ongelmat asennusvaiheessa.

3.1.3 Asennustyö

Kun takymetrin orientoinnille asetetut edellytykset on täytetty ja se saadaan asemoitua paikalleen, aloitetaan varsinainen asennustyö. Pulttien asentamisen sujuvuuden varmistamiseksi olisi tärkeää, että työvaiheessa olisi vähintään kaksi tekijää: pulttien asentaja, joka voi olla esimerkiksi raudoittaja tai kirvesmies sekä takymetrin käytön hallitseva mittaaja.

Asennustyön vaativuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat asennuspaikka, peruspultin koko ja rakenteen suunnittelu. Asennuspaikka vaikuttaa sekä mittauksen että asennuksen sujuvuuteen. Asennustyö voidaan joutua suorittamaan hankalassa paikassa, jossa tarpeeseen sopivia työtasoja ei ole saatavilla ja työn suorittaja joutuu käyttämään putoamisuojaimia. Tämän lisäksi mittausta voi hankaloittaa näkökatve prisman ja takymetrin välillä, joka hidastaa työtä, kun prisman korkeusasemaa joudutaan säätämään ja tiellä olevia esteitä poistamaan. Peruspultin koko eli kierteen halkaisija, pituus ja pultin paino vaikuttavat oleellisesti asennustyöhön. Esimerkkinä pitkää ja raskasta pulttia on hankala

asentaa kapeaan seinämuottiin, kun rauditus on tiheä. Kuvassa 8 nähdään tiheään raudoitukseen asennetut vinopultit.



Kuva 8. Peruspultit voidaan asentaa myös vinosti, jolloin pultin sijainnin lisäksi on tiedettävä sen kaltevuus.

Rakenteen suunnittelu saattaa aiheuttaa ongelmia pultin asennukseen. On mahdollista, että peruspultin sijainnin suunnittelussa ei ole huomioitu rakenteeseen tehtävää varausta, joka voi olla kulkuaukko, putken läpivienti tai varaus sähkökalusteelle. Tässä tapauksessa ongelma havaitaan vasta kun työt ollaan tekemässä ja huomataan, että peruspultti ei mahdu paikalleen. Silloin on sovittava jatkotoimenpiteistä suunnittelijan kanssa, joka antaa ohjeet varauksen tai peruspultin siirtämiseksi.

Huomionarvoisia asioita peruspulttien kiinnityksessä ovat lisäksi pulttien kiristäminen sekä kierteiden suojaaminen. Pulttien kiristämällä tarkoitetaan pultin kiristämistä sapluunaan niin, että se pysyy paikallaan jäämästi. Valmissapluunan reikä on porattu kaksi millimetriä suuremmaksi kuin siihen tarkoitettu peruspultti, joten tämä antaa liikevaraa pultin korjaamiselle valun jälkeen. Jos pultti jätetään kiristämättä sapluunaan, on se hyvin hankala saada pysymään oikeassa sijainnissaan. Kiristettyä pulttia voidaan liikuttaa sapluunan reiän sisällä vasaralla lyöden, eikä kiristäminen näin ollen aiheuta ongelmaa pulttien oikomiselle. Kierteiden suojaaminen kannattaa toteuttaa ennen betonointia, koska se helpottaa sekä tarkemittausta että myöhempää peruspulttien käyttöä. Kierteet voidaan suojata esimerkiksi teipillä, muovikelmulla tai suihkuttamalla niihin öljyä, jolloin betoni ei tartu pulttiin. Suojat on helppo poistaa valun jälkeen. Näin tarkemittaus on sujuvampaa, kun pultit ovat siististi suojattuina eikä niiden keskipistettä tarvitse etsiä betonin alta.

3.2 Peruspulttien kiinnitys

Peruspulttien kiinnityksessä kaksi tärkeintä tekijää ovat käytössä oleva sapluuna ja asennuksen tuenta. Sapluunoita on erilaisia, käytössä voi olla pulttivalmistajan toimitama sapluuna tai kokonaan itsetehty. Peruspulttien tuenta on aina tapauskohtaista, ja paras tapa tuennalle on selvitettävä työkohteella. Suurin tuentaan vaikuttava tekijä on muotin koko eli sen pinta-ala ja korkeus.

3.2.1 Sapluunat

Pulttien asennukseen käytetään sapluunaa, jonka avulla pultti tai pulttiryhmä voidaan asentaa. Yksittäisen pultin asentamisessa sapluuna voi olla puu- tai metallikappale,

jossa on pultin halkaisijaa vastaava reikä. Pulttiryhmä voidaan asentaa niin, että jokainen pultti on omassa sapluunassaan tai vaihtoehtoisesti koko pulttiryhmä on samassa sapluunassa. Pulttiryhmän ollessa samassa sapluunassa, ryhmän sijaintia ja korkeusasemaa on helpompi kontrolloida. Saman sapluunan käyttämisessä korostuu kuitenkin sapluunan mittatarkkuus. Sapluunan sivumittojen sekä ristimitan on oltava oikeita, jotta päästään hyväksyttävään tulokseen. Tämä on ehdoton edellytys työn onnistumiselle.

Peruspultit asennetaan tulevan rakenteen muottiin ennen betonointia sapluunan avulla. Peruspultin kiinnittämiseen tarkoitettuja sapluunoita on olemassa erilaisia. Se voi olla terästoimittajalta valmiina tilattu tai sitten työmaalla valmistettu sapluuna. Valmiista teräs-sapluunaa käytettäessä, etenkin kokonaista pulttiryhmää kiinnitettäessä, sen etuna on mittatarkkuus. Nykyaikaisilla työstökoneilla koneistettu terässapluuna on varmasti riittävän tarkka peruspultin kiinnitykseen. Kuvassa 9 esimerkki kahdesta erikokoisesta teräs-sapluunasta.



Kuva 9. Erikoisia terästoimittajan valmistamia asennussapluunoita.

Tällaista sapluunaa kannattaa käyttää, mikäli samanlaisia pulttiryhmiä on paljon ja niitä asennetaan useita kertoja samalla työmaalla eri työvaiheiden aikana. Valmiin sapluunan

käyttö nopeuttaa työtä ja pultit osuvat varmemmin kohdalleen. Terässapluunassa on usein myös kohdistusmerkit, jotka helpottavat olennaisesti asennustyötä, kuten kuvassa 10. Valmiin sapluunamallin heikkoutena on, että sitä voidaan käyttää ainoastaan sille suunnitellulla pulttijaolla ja riippuen ainevahvuudesta, se saattaa muuttua muotoaan valun jälkeen sapluunaa irrotettaessa.



Kuva 10. Peruspulttisapluunan keskellä näkyvä kohdistusmerkki helpottaa asennustyötä. Näin ollen vastaavat kohdistusmerkit voidaan merkitä takymetrillä muottiin ja kohdistaa sapluuna linjalangan avulla paikoilleen.

Pulttien kiinnityksessä voidaan käyttää myös työmaalla paikan päällä tehtyjä sapluunakehyksiä. Nämä ovat useimmiten puutavarasta, joko lankusta tai vanerista, valmistettuja. Pulttien keskinäinen etäisyys varmistetaan tartuntasuunnitelmista ja sen mukaisesti porataan reiät pulteille sopivaksi. Tämän sapluunamallin hyvänä ominaisuutena on, että se voidaan tehdä juuri tiettyyn työkohteeseen sopivaksi sekä tuennan että pulttijaon

kannalta. Työmaalla valmistetun sapluunamallin haittapuolena on, että sapluunasta ei useinkaan saada mittatarkkuudeltaan niin kelvollista kuin koneistetusta terässapluunasta. Kuvassa 11 on esimerkki työmaalla valmistetusta vanerisapluunasta.



Kuva 11. Itse tehty vanerisapluuna [10]

3.2.2 Tuenta

Peruspulttisapluunan tuenta muottiin on hyvin tapauskohtaista. Pienissä muoteissa tuenta on yksinkertaisempaa, koska välimatkat tukirakenteille ovat lyhyempiä ja koko rakenne saadaan pysymään paikallaan vähemmällä työmäärällä. Suurissa muoteissa tuenta tulee ongelmalliseksi, koska tuentaa tarvitaan enemmän ja tukien vakaus heikenee pitkillä tuentaväleillä.

Tuennassa tärkeää on myös pohtia, mihin pintoihin sapluuna tuetaan. Mitä suurempi valumuotti on pinta-alaltaan ja korkeudeltaan, sitä enemmän muotti liikkuu betonivalun aikana, johtuen suuremman betonimassan voimasta. Tästä syystä suuressa muotissa ei voida välttämättä tukea peruspulttisapluunaa suoraan muotin runkoon. Vaihtoehtoisena

tapana on tukea sapluuna suoraan betonin raudoitukseen, jolloin sapluuna on kelluvana rakenteena valussa.

3.3 Pulttien tarkistaminen

Peruspulttien varsinaisen asennustyön jälkeen pultit ovat valmiita valuun, jossa valumuotti täytetään betonilla. Pulttien sijainnit tarkastetaan joko valun aikana tai viimeistään valun päätyttyä tehtävässä tarkemittauksessa. Tarkemittauksen havaintojen perusteella pulttien sijaintia voidaan tarvittaessa korjata.

3.3.1 Tarkemittaus

Tarkemittauksella pyritään varmistamaan peruspulttien oikea sijainti sekä kartoitetaan pultin keskipiste myöhempää dokumentointia varten. Peruspultteja tarkistaessa mittaja käyttää teoreettista suunnitelmaa pulttien sijainnista ja vertaa todellista mitattua tietoa suunnitelmaan. Näin voidaan varmistaa, että peruspultti on asennettu ja valettu paikalleen suunnitelman mukaisesti ja suunnitelmassa sallittua toleranssia noudattaen.

Pultteja voidaan tarkistaa sekä valutyön aikana että sen jälkeen tehtävässä tarkemittauksessa. Tarkemittaus valutyön aikana voidaan tehdä, mikäli epäillään sapluunan liikku-
neen merkittävästi valua suoritettaessa ja aiheuttaneen kriittisiä muutoksia pulttien sijaintiin. Täten tarkemittaus valutyön aikana mahdollistaa pulttien sijainnin korjaamisen. Tarkemittaus on kuitenkin viimeistään tehtävä, kun varsinainen valutyö on saatu päätökseen. Silloin betoni saavuttaa viimeisen muotonsa ja alkaa kovettumaan. Myös valutyön jälkeen tehtävässä tarkemittauksessa peruspulttien sijaintia voidaan vielä korjata.

Peruspulttien sijainnit on syytä tarkistaa aina, vaikka peruspulttisapluuna olisi kiinnitetty tukevasti paikalleen. Peruspultin liikahtamiselle valun aikana on kaksi potentiaalista aiheuttajaa. Ensimmäinen mahdollinen syy pultin sijainnin muutokselle on betonin pumpaus muotin sisälle, jolloin pultti voi heilahtaa syöksyvän betonin tai muottiin aiheutuvan paineen voimasta. Toinen aiheuttaja pultin liikahtamiselle on betonin tiivistämiseen käytettävä täritys. Muottiin valettu betoni tiivistetään, jotta betoni levittyisi muottiin tasaisesti eikä sinne jäisi ilmakuplia tai koloja. Tiivistys tehdään usein sauvatäryttimellä, jota

painellaan valettuun betoniin. Täryttimen käyttö voi aiheuttaa peruspulttisapluunan liikahtamisen, varsinkin jos tärytintä käytetään pultissa kiinni.

3.3.2 Pulttien oikaisu

Pultteja joudutaan tarkemittauksen yhteydessä mahdollisesti oikaisemaan. Normaalisti oikaiseminen tehdään lyömällä peruspulttia vasaralla, kunnes se saadaan oikeaan sijaan. Pulttien oikaisu on tehtävä heti valutyön jälkeen, kun betoni ei ole vielä kovettunut. Oikaisutyölle on aikaa tunnista kahteen valun päätyttyä. Peruspultin oikaisussa tärkeää on, ettei pultin kierteisiin lyödä, vaan pultin päälle on kierrettynä mutteri, joka välittää iskun pultin runkoon ja näin ollen pultin kierteet säilyvät vioittumattomina.

On mahdollista, että valun aikana muotti liikkuu niin merkittävästi, ettei korjaavaa liikettä pystytä vasaralla tekemään. Tässä tapauksessa koko sapluuna joudutaan irrottamaan tukirakenteistaan ja asentamaan uudelleen valuun oikealle paikalle.

3.3.3 Toimenpiteet väärään sijaintiin valetulle pultille

Tartuntasuunnitelmissa on ilmoitettu toleranssit peruspultin sijainnille eli annettu numeeriset arvot sille, kuinka paljon peruspultin todellinen sijainti saa poiketa suunnitellusta. Mikäli valettu pultti ylittää sille annetun toleranssin, on otettava yhteys elementtitartunnoista vastaavaan suunnittelijaan ja sovittava jatkotoimenpiteistä. Mikäli toleranssi ylittyy joitakin millimetrejä, on peruspultti mahdollista saada oikaistua lyömällä sitä oikeaan suuntaan. Tämä toimintatapa on mahdollinen vielä betonin kovettumisenkin jälkeen. Oikaisutyötä voidaan helpottaa lämmittämällä peruspulttia kaasuhitsauslaitteilla ennen pultin oikaisua. Pultin lämmittämisessä on otettava huomioon lämpötilan aiheuttama mahdollinen rakenteen heikkenemä.

Jos toleranssi ylittyy merkittävästi, ei peruspulttia saada oikaistua vaatimusten mukaiseksi lyömällä. Tässä tapauksessa suunnittelija antaa ohjeet jatkotoimenpiteistä joko niin että peruspultti irrotetaan rakenteesta ja valetaan uudestaan tai peruspulttiin kiinnitettävän rakenteen suunnittelua on muutettava.

3.4 Sijaintitietojen dokumentointi ja edelleen luovutus

Peruspulttien mittauksen ja kiinnityksen lisäksi tärkeä työvaihe on dokumentoida peruspulttien sijainti ja luovuttaa se edelleen. Usein peruspulttien sijaintitieto toimitetaan työn tilaajalle, jota kautta se tavoittaa suunnittelijat. Sijaintitietojen luovuttamisella todenneetaan tilaajalle se, että peruspultit on asennettu paikalleen ja ne saavuttavat niille annetut toleranssirajat. Sijaintitietojen luovutuksen jälkeen tilaaja voi olla varma siitä, että peruspultit on asennettu suunnitelman mukaisesti ja elementtien asennus voidaan aloittaa.

Tarkedokumentti antaa myös urakoitsijalle varmuuden siitä, että tilattu työ on tehty laadukkaasti ja moitteetta sekä on avuksi, mikäli myöhemmin tulee erimielisyyttä peruspulttien sijainneista.

3.4.1 Loppukäyttäjälle oleelliset tiedot

Sijaintitietojen dokumentoinnissa loppukäyttäjälle tärkeää on, että dokumentista nähdään kaikki oleelliset tiedot. Tarvittavia tietoja dokumentissa on pisteiden sijainnit sekä korkeusasemat, poikkeamamitat suunnitelmiin sekä virheiden havainnollistaminen. Sijainti- ja korkeusasematiedot voidaan luovuttaa pistetietona koordinaattiluettelossa, jolloin sieltä pystytään vertaamaan pultin koordinaatteja suunnitelmiin. Poikkeamamitat ja virheiden havainnollistaminen voidaan tehdä visuaalisen tarkekuvan avulla, jossa nuolilla osoitetaan pultin sijainti suhteessa suunnitelmaan ja nuolen pituudella sekä värikoodauksella osoitetaan virheen suuruus.

Muita tietoja itse sijainti- ja virhetietojen lisäksi dokumentissa olisi oltava mittaajan tiedot eli vähintään nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite. Mainittavaa dokumentoinnissa olisi myös mittaajan edustama organisaatio, mittauksessa käytetty kalusto sekä esimerkiksi takymetrin kulmatarkkuus. Mittauksen suorituksen ajankohta on ilmoitettava päivämääränä sekä hankkeen nimi ja sen maantieteellinen sijainti. Lisäksi dokumentissa on ilmoitettava peruspulttien tarkemittauksessa käytössä ollut koordinaatisto ja korkeusjärjestelmä. Tarkedokumentointi tapahtuu samassa koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä kuin suunnitelmatkin on toteutettu. Käytössä olevan tasokoordinaatiston ja korkeusjärjestelmän voi varmistaa rakennussuunnitelman nimiöstä.

3.4.2 Selkeän tarkedokumentin luovutus

Selkeän tarkedokumentin luovutuksessa ja etenkin sen tekemisessä on mietittävä, mitä tietoja loppukäyttäjä tarvitsee, mitkä tiedot on oltava ja mikä on hyödytöntä. Kuvan on oltava myös visuaalisesti mahdollisimman selkeä siten, että tarkekuvaa katsomalla saadaan yleiskuva poikkeamista.

Tarkedokumentti sisältää tarkekuvan (kuva 12), jossa on visuaalisesti havainnollistettu karttapohjalle mitattujen kohteiden sijainnit ja poikkeamat. Kuvan 12 tarkedokumentti on tehty 3D-Win-ohjelmalla. Kuvassa on osoitettu peruspulttien tasosuuntaiset poikkeamat nuolilla. Nuolien värikoodaus, pituus sekä nuolen päässä oleva arvo ilmentävät poikkeaman suuruutta. Kuvassa on käytetty viiden millimetrin toleranssia, jolloin toleranssin ylittävät peruspulttien sijainnit näkyvät punaisella nuolella, toleranssin mukaiset vihreällä ja toleranssin sisällä olevat pultit sinisellä.



Kuva 12. 3D-Win-ohjelmalla tehty tarkekuva. Kuvan tarkoituksena on välittää katsojalleen mahdollisimman hyvä yleiskuva mitattujen kohteiden poikkeamista. 3D-Win-ohjelmalla tehdyssä tarkekuvasa nähdään peruspulttien tasosuuntaiset poikkeamat värikoodauksella. Tarkelaskennan toleranssiarvona on käytetty viittä (5) millimetriä. Toleranssin ylittävissä mitatuissa arvoissa nuolet näkyvät punaisena, toleranssin kanssa samat arvot näkyvät vihreinä ja toleranssin sisällä olevat sinisinä. Nuolen suunta osoittaa poikkeaman sijainnin suhteessa suunniteltuun arvoon.

Yksityiskohtaisemman tiedon tarkkeista löytää tarkeluettelosta (kuva 13), jossa on listattu mitatut koordinaattiarvot sekä poikkeamat suunnitelmaan. Kuvan 13 tarkearvot on poimittu 3D-Win-ohjelman tarkelaskennasta. Kuvan keltaisessa laatikossa olevat arvot kuvaavat kuvan 12 vasemmassa yläkulmassa näkyvää peruspulttiryhmää.

Kuvassa 13 on selitetty numeeristen arvojen tunnusluvut. Lajikoodi kuvaa kohteen luokittelua. Tässä lajikoodina on käytetty peruspultin tuotenimeä, jotta erikokoiset pultit erotetaan toisistaan. Muussa mittauksessa lajikoodina voisi olla esimerkiksi tien reuna tai ojan pohja. Pistenumero on pisteen yksilöintiin käytettävä juokseva numero. XYZ-koordinaatit ovat mitatun pisteen sijainti koordinaatistossa. Tässä käytetty ETRS-GK25-

tasokoordinaatistoa ja N2000-korkeusjärjestelmää. Kolme viimeistä saraketta kuvaavat mitatun peruspultin poikkeamaa suunnitellusta arvosta.

T3	T4	X	Y	Z	dA/dX	dB/dY	dZ
HPM24P	300	6675075.256	25498914.487	3.655	-0.004	+0.002	+0.000
HPM24P	301	6675075.496	25498914.334	3.654	-0.003	+0.000	-0.001
HPM24P	302	6675075.408	25498914.726	3.658	-0.003	+0.002	+0.003
HPM24P	303	6675075.646	25498914.575	3.658	-0.004	+0.002	+0.003
HPM24P	304	6675068.180	25498912.686	3.560	-0.004	+0.003	+0.000
HPM24P	305	6675068.093	25498913.077	3.563	-0.003	+0.004	+0.003
HPM24P	306	6675067.942	25498912.837	3.559	-0.003	+0.003	-0.001
HPM24P	307	6675068.332	25498912.925	3.561	-0.003	+0.003	+0.001
HPM24P	308	6675040.068	25498935.719	3.198	-0.005	+0.001	-0.002
HPM24P	309	6675039.956	25498935.539	3.199	-0.004	+0.001	-0.001
HPM24P	310	6675039.775	25498935.647	3.201	-0.006	-0.005	+0.001
T3	Lajikoodi						
T4	Pistenumero						
X	Pisteen etäisyys päiväntasaajalta						
Y	Pisteen etäisyys keskimeridiaanilta						
Z	Korkeus merenpinnasta						
dA/dX	Pohjois-/Eteläsuuntainen poikkeama suunnitelmasta						
dB/dY	Länsi-/Itäsuuntainen poikkeama suunnitelmasta						
dZ	Korkeussuuntainen poikkeama suunnitelmasta						

Kuva 13. Tarkeluettelo. Luettelosta nähdään mitatun kohteen sijainti sekä poikkeama pohjois-, itä-, ja korkeussuunnassa. Luettelon keltaisessa laatikossa olevat arvot ovat tarkekuvan (kuva 12) vasemmassa yläreunassa sijaitsevan pulttiryhmän arvoja.

Tarkekuvasta on selvittävä vähintään pisteen tunnus, poikkeama osoitettuna nuolilla, nuolien pituuksilla ja värikoodeilla ilmennetty poikkeaman suuruus. Näitä tietoja voidaan verrata tarkeluetteloon ja havaita sieltä suurimmat poikkeamat. Tarkekuva parantaa poikkeamien paikallistamista maastossa.

4 Pohdinta

Peruspulttien kiinnitys on kokonaisuudessaan monivaiheinen prosessi, johon takymetri-mittaus oleellisesti liittyy. Mittausta apuna käyttäen asennustyö saadaan onnistumaan ja voidaan olla varmoja peruspulttien sijainnista. Työn dokumentoinnilla saadaan varmuus sekä työn suorittajalle että sen tilaajalle siitä, että työ on suoritettu laadukkaasti ja suunnitelmien mukaan. Tämä tieto on korvaamattoman tärkeä, kun paikallavalettujen rakenteiden päälle ryhdytään kokoamaan betonielementtejä.

Peruspulttien asennuksessa lopputulokseen vaikuttavia tekijöitä on useita. Mittaustekniset seikat vaikuttavat siihen, kuinka tarkasti peruspultti saadaan asennuksen aikana paikalleen. Kojeen orientointi, lämpötilan vaihtelu työn aikana sekä liitospisteiden keskinäiset virheet ovat kaikki oleellisia muuttujia, kun tehdään tarkkoja mittauksia. Mittauksia tarkasteltaessa on muistettava, että mittaustulokset ovat aina jossakin määrin virheellisiä. Lisäksi suunnitelmille tehtävät koordinaattijärjestelmien väliset muunnokset sisältävät virhettä, koska niissä käytettävät muunnosparametrit on määritetty mittaamalla. [1]

Lopputulokseen vaikuttaa myös asennustekninen onnistuminen. Asennuksen kannalta tärkeää on, että peruspultin asentaja kiinnittää pultit mittaajan osoittamille paikoille huolellisesti. On hyvä huomioida, että sapluuna ja pultit kiinnitetään tukevasti paikoilleen. Pultteihin ei myöskään saa kajota enää sen jälkeen, kun ne on asennettu. Sapluuna on kiinnitettävä muottiin sivuttaissuunnassa ja pultti kiristettävä sapluunaan pystysuunnassa, jolloin sen liikkumattomuus varmistetaan. Suurimmat havaitut ongelmat syntyvät edellä mainituissa työvaiheissa. Lisäksi ongelmana voidaan mainita viestintä työmaalla. Nykyään Suomen rakennustyömailla työskentelee paljon ulkomaalaisia työntekijöitä. Täydellisen kielimuurin vallitessa mittaajan ja asentajan välillä työn suorittaminen saattaa käydä erittäin haastavaksi.

Peruspultin paikalleen mittaus ja asennus on toimenpiteenä huolellisuutta ja kärsivällisyyttä vaativa tehtävä. Huolellinen asennus kuitenkin kannattaa tehdä, ettei pultteja tarvitse myöhemmin suoristaa tai pahimmassa tapauksessa valaa uudelleen.

Lähteet

- 1 Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Uusittu 4. painos. Korpiljyvä Oy, Jyväskylä.
- 2 Suomen geodeettiset koordinaatistot ja niiden väliset muutokset. 2009. Verkkoaineisto. Geodeettinen laitos. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/fgi/GLtiedote30.pdf>> Luettu 06.04.2019.
- 3 ETRS89-koordinaattijärjestelmä käyttöön. 2010. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/ETRS89koordinaattijarjestelma_kayttoon.pdf> Luettu 19.04.2019.
- 4 Tasokoordinaatti- ja korkeusjärjestelmän muutos. 2012. Verkkoaineisto. Helsinki-Espoo-Vantaa-Kauniainen -rakennusvalvonta. <<https://www.pksrava.fi/doc/ohjeet/OHJE-ARK07.doc>> Luettu 06.04.2019.
- 5 N2000 Valtakunnallinen korkeusjärjestelmä. 2007. Verkkoaineisto. Maanmittauslaitos. <https://www.maanmittauslaitos.fi/sites/maanmittauslaitos.fi/files/old/N2000_Valtakunnallinen_korkeusjarjestelma.pdf> Luettu 06.04.2019.
- 6 3D-Win Windows-ohjelmisto mitatun tiedon jatkokäsittelyyn. Verkkoaineisto. 3D-system Oy. <<http://www.3d-system.fi/index.php/3d-win>> Luettu 19.04.2019.
- 7 Harjateräspultit. Verkkoaineisto. Peikko Finland Oy. <<https://www.peikko.fi/tuotteet/tuote/hpm-harjateraspultit/>> Luettu 15.3.2019.
- 8 HPM®-harjateräspultit ETA, tekninen käyttöohje, 01/2017 (fi). Verkkoaineisto. Peikko Finland Oy <https://d76yt12idvg5b.cloudfront.net/file/dl/i/gsnQaQ/XEJ7_tCEbcT-K2oT2w6i3g/HPM-ankkurointipultitFI01-2017.pdf> Luettu 30.03.2019.
- 9 Tartuntapiirustus työkohteelta. 2018. Sweco Rakennustekniikka Oy. 21.08.2018
- 10 Kuva vanerisapluunasta. Verkkoaineisto. Make's Space Station. <<http://makespacestation.blogspot.com/2010/09/>> Luettu 30.3.2019