



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Emil Vehanen

Maavakio Oy:n rakennusmittausten laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinöörityö

11.5.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Emil Vehanen Maavakio Oy:n rakennusmittausten laadunvarmistus 28 sivua + 3 liitettä 11.5.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Ilkka Partonen maanmittausinsinööri Tapio Sarkkinen
Rakennusmittaus on erittäin tärkeä, ellei jopa tärkein osa rakentamista. Mittausvirheiden korjaaminen on erittäin haitallista sekä taloudellisesti että ajallisesti. Opinnäytetyön aiheena on rakennusmittausten laadunvarmistus ja siinä kerrotaan rakennusmittauksesta yleisesti sekä tapoja ylläpitää sekä parantaa mittausten laatua. Aikaisemmin laadunvarmistus sekä tärkeiden asioiden muistaminen on ollut jokaisen mittamiehen henkilökohtaisena vastuulla, mutta tämän opinnäytetyön ansioista siihen löytyy nyt myös konkreettisia työkaluja. Lisäksi työn tarkoituksena on yhtenäistää Maavakio Oy:n rakennusmittaajien työkuva. Opinnäytetyö sopii luettavaksi Maavakio Oy:n uusille sekä vanhoille mittamiehille. Sitä voidaan myös jakaa rakennuttajille.	
Avainsanat	rakennusmittaus, laatu, laadunvarmistus

Author Title Number of Pages Date	Emil Vehanen The quality assurance of Maavakio Oy's construction measurements 28 pages + 3 appendices 11 May 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Ilkka Partonen, Senior Lecturer Tapio Sarkkinen, Bachelor of Engineering
The aim of this Bachelor's thesis was to study the quality control of building measurements, an extremely important, if not the most important, part of the building process because fixing errors in measurement is highly detrimental, costing both money and time. Furthermore, building measurement in general as well as ways of maintaining and improving the quality of the measurements was looked into. In addition, this thesis aimed at unifying the job descriptions of measurement workers. The thesis resulted in a concrete tool for any measurement worker to see to quality control and to remember important matters, which was previously the personal responsibility of each measurement worker. The Bachelor's thesis is can be used by for both new and old measurement workers as a reminder of matters to be remembered. Furthermore, it can be distributed to the constructors as information about measurements.	
Keywords	Quality control, quality, building measurement

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn kulku	1
1.2	Maavakio Oy	1
2	Rakennusmittaus	4
2.1	Kunnan mittaukset	6
2.2	Mittamies	7
3	Mittauslaitteet	13
3.1	Maavakion mittamiehen käytössä	13
3.1.1	Mittanauha	13
3.1.2	Vesivaaka	14
3.1.3	6-pistelaser	15
3.1.4	Takymetri	15
3.2	Muita mittauslaitteita	18
3.2.1	Etäisyysmittari	18
3.2.2	Vaaituskoje	18
3.2.3	Teodoliitti	19
3.2.4	Loadman-kantavuusmittaus	20
3.2.5	Tasolaser	20
4	Tyypilliset mittausvirheet ja laadunvarmistus	22
5	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Liitteet

Liite 1. Maavakion rakennusmittauksissa käytettävät uudet merkintätavat

Liite 2. Muistilista rakennusmittausten laadunvarmistukseen

Liite 3. Ohje suunnitelmakuvien kääntämisestä moduuleihin

Lyhenteet

AP1	Apupiste 1, käytetään kiintopisteiden nimeämiseen
CAD	Computer aided-design, tietokonepohjainen suunnittelu
PDF	Portable Document Format, siirrettävä tiedostomuoto
RALA	Rakentamisen laatu -sertifikaatti

1 Johdanto

1.1 Työn kulku

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Maavakio Oy:n kanssa. Olen itse työskennellyt kyseisessä yhtiössä kahtena eri kesänä ja tällä hetkellä toimin tarvittaessa töihin kutsuttavana mittamiehenä. Työhöni kuuluvat kaikki rakennusmittauksissa tehdyt mittaukset sekä rakennuskuvien käsittely. Suurin osa opinnäytetyön tiedoista tulee omasta kokemuksesta, mutta haastattelin myös alan ammattilaisia Maavakion sisältä.

Idea aiheeseen syntyi jutellessani työparini kanssa. Rakennusmittaajien työn laatu on erittäin tärkeää kunnollisen ja turvallisen rakentamisen kannalta. Opinnäytetyön tavoitteena on kertoa rakennusmittaajan työkuvasta yleisesti sekä toimia oppaana Maavakion rakennusmittaajille laadun ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi.

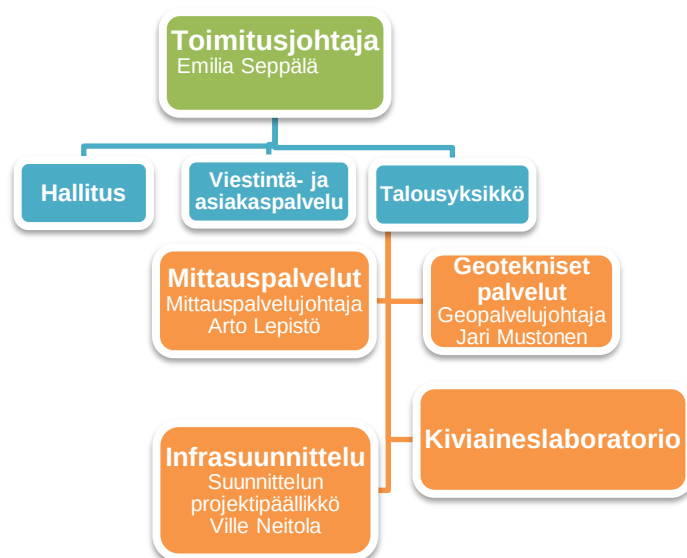
Lopputuloksena loin muistilistan mittauksille, kuvankäsittely-esimerkin sekä uudet merkintätavat Maavakion mittauksiin, jotka jokainen osaltaan yhtenäistävät maavakion mittamiesten työkuva. Työ sopii hyvin luettavaksi uusille rakennusmittaajille, jolloin he saavat tietoa ja työkaluja tulevaa työtä varten. Muistilistat sekä merkintätavat puolestaan voidaan jakaa Maavakion työntekijöille, jotta mittauksen laadunvarmistus pysyy vakaana.

1.2 Maavakio Oy

Maavakio Oy on yritys, joka tarjoaa mittauspalveluita usealta eri mittauksen osa-alueelta. Mittauksia toteutetaan aina isoista rakennushankkeiden rakennus, infra- ja kantavuusmittauksista pienempiin yksityissektorin kartoitus-, merkintä- ja pintavaahtumittauksiin. Lisäksi yhtiö tarjoaa geo- ja infrasuunnittelun palveluita. Lisäksi vuodesta 2019 yhtiö on tarjonnut laboratoriopalveluita esimerkiksi kiviaines tutkimuksille. Maavakio Oy aloitti toimintansa alun perin vuonna 2016 yhden miehen sivubisnes -yrityksenä. Yhtiö laajentui tammikuussa 2018 viiden työntekijän pienyritykseksi, mutta jo kahdessa vuodessa henkilöstömäärä on kasvanut 17 henkilöön. Mittaustöissä työntekijöitä on 11, suunnittelijoita

kolme, laboratoriotoiminnassa kaksi työntekijää ja hallintotoissa yksi. Yhtiön kasvu näkyy myös kasvaneessa liikevaihdossa. [1]

Vuoden 2018 jälkeen liikevaihto oli 500 000 euroa ja vuoden 2019 liikevaihto oli kasvanut jo 850 000 euroon, josta 75,4 prosenttia eli 641 000 on rakennusmittaustoiminnasta. Inf-rasuunnittelun osuus on 17,9 prosenttia, joka tarkoittaa 152 150 tuhatta euroa. Loppu osuus koostuu kantavuusmittauksista (5,3 %) ja laboratoriopalveluista (1,4 %). Liikevaihdon odotetaan ylittävän miljoonan tilikaudella 2020. Organisaatorakenteeltaan yritys on perinteinen. Yhtiöllä on hallitus, jonka tehtävänä on määrätä ja ohjeistaa toimitusjohtajaa. Toimitusjohtajan alapuolella yrityshierarkiassa ovat työnjohto sekä työntekijät eli mittamiehet (kuvat 2 & 3). Maavakion toimipaikka sekä toimisto sijaitsee Hämeenlinnassa. Mittaustöitä kuitenkin tehdään Kanta-Hämeen lisäksi Pirkanmaalla sekä Pääkaupunkiseudulla. Tärkeimmät Maavakiolta tilatut mittausprojektit ovat Tampereelle rakennettava raitioliikenne sekä Lohjalle rakennettava koulu & monitoimitalo. Lisäksi vuoden 2020 alussa Maavakio solmi sopimuksen Espooseen rakennettavan kauppakeskus Lipulaivan työmaamittauksista. [1]



Kuva 1. Maavakion organisaatiorakenne

Yhtiön toiminta perustuu luotettavuuteen. Tämä näkyy esimerkiksi kaluston huoltamisena sekä kalibrointina, jotka tehdään säännösten sekä suositusten mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi takymetri kalibroidaan kerran vuodessa, joka on valmistajan suositus. Yhtiöllä ei ole laatujärjestelmää, mutta tarkoituksena on hakea RALA-sertifikaattia vuoden 2020 aikana. Jos kyseinen sertifikaatti myönnetään, pystytään esimerkiksi laadunhallinnan taso osoittamaan tilaajalle ja yritys saa julkisen vahvistuksen toimintajärjestelmään. [2]



Kuva 2. Maavakion rakennusmittaaja

2 Rakennusmittaus

Rakennusmittaus on maanmittaus toimintaa, jossa pinnalla sijaitsevien kohteiden kokoa, muotoa sekä sijaintia määritetään mittausten avulla. Se on rakentamisen tärkein osa ja ilman mittamiehen tekemiä merkkauksia ja mittauksia rakentaminen on lähes mahdotonta. Rakennusmittauksiin voidaan sisällyttää kaikki mittaus- ja kartoitustekniset työvaiheet työmaalla, kuten kartoitus-, merkintä ja maastomallimittaukset. Kaikki, mitä rakennustyömaalla rakennetaan, on suunniteltu rakennussuunnittelijan toimesta. Suunnitelmat sijoitetaan rakennussuunnitelmiin ja malleihin. Rakennusmittaajan eli mittamiehen tehtävänä on siirtää suunnitelmissa olevat tiedot todelliseen kohteeseen. Näitä tietoja voivat esimerkiksi olla seinälinjat tai rakennusta pystyssä pitävien pilareiden sijainnit. Suunnitelmiin ja malleihin on lisätty aina myös toleranssit eli maksimivirheet, joihin mittamiehen on merkintämittauksissa päästävä. Toleranssit vaihtelevat eri rakennuselementtien kesken millimetrin tarkkuudesta jopa metrin tarkkuuteen. Esimerkiksi peruspulttien välinen etäisyys saa erota vain kolme millimetriä valmiin rakentamisen ja suunnitelman välillä. Puolestaan betoniterästen eli valuelementtien poikkeama voi olla jopa 25 millimetriä eli 2,5 senttimetriä. (Kuva 3). [4]

Toleranssit ohjeen SFS-EN 13670 ja SFS 5975 mukaan:

Poikkileikkauksen mittojen sallitut mittapoikkeamat			
Toleranssiluokka	$h \leq 150$	$h = 400$	$h \geq 2500$
1	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 15\text{mm}$	$\pm 30\text{mm}$
2	$\pm 5\text{mm}$	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 30\text{mm}$

Betoniterästen sallitut mittapoikkeamat			
Toleranssiluokka	$h \leq 150$	$h = 400$	$h \geq 2500$
1	+10mm	+15mm	+25mm
	-10mm	-10mm	-10mm
2	+5mm	+10mm	+20mm
	-10mm	-10mm	-10mm

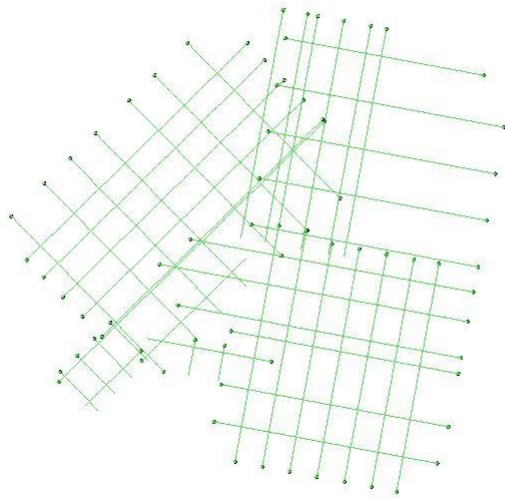
Peruspulttien sallitut mittapoikkeamat			
Toleranssiluokka	Pulttiryhmän keskipiste	Pulttien välinen etäisyys	Pultin ulkonema
1	$\pm 10\text{mm}$	$\pm 3\text{mm}$	+25mm -5mm

Kuva 3. Esimerkkejä erään työmaan toleransseista

Rakennusmittaajaksi voi olla kouluttautua eri vaihtoehtoja pitkin. Eräs tapa on suorittaa maanmittaustekniikan insinööritutkinto ammattikorkeakoulussa. Toinen vaihtoehto on suorittaa rakennusmittauksen ammattikoulutus talonrakennusalan ammattitutkinnon yhteydessä tai täydennyskoulutuksena jälkikäteen. Lisäksi ammattikoulun maanmittausosastolla voi opiskella kartoittajaksi. Vaihtoehtona on suorittaa myös muutaman kuukauden kestäviä rakennusmittauskursseja, joissa käydään läpi työmaamittausta sekä mitausohjelmien käyttöä. [5]

Mittamiehen työt vaihtelevat paljon riippuen rakennuttajasta ja rakenteilla olevan rakennuksen koosta. Pienemmillä työmailla yksi mittamies voi tehdä projektin mittaukset alusta loppuun, kun taas isoilla työmailla työskentelee useampi mittamies ja työnkuva voi vaihdella enemmän. Isoksi työmaaksi voidaan yleisesti laskea Olympiastadionin kokoinen työmaa. Skanska Talonrakennus Oy:n mukaan se on suurin Suomessa koskaan toteuttama talonrakennusurakka hankkeen kokonaispinta-alan ollessa 90 000 m². Pienemmillä eli keskikokoisilla työmailla, kuten koulujen rakennustyömailla, mittaukset etenevät usein samankaltaisessa työjärjestyksessä. Tässä opinnäytetyössä käyn läpi esimerkkinä keskikokoisen uudisrakennuskohteen, joissa itse olen pääasiassa työskennellyt, mittaukset Maavakion mittamiehen näkökulmasta. [6]

Rakennusmittaus perustuu moduuleihin (kuva 4). Moduulilinjat luo rakennesuunnittelija ja ne sijoitetaan rakennuksen kannalta tärkeiden kantavien rakenneosien eli yleensä pilareidenkohdalle. Myös suurin osa muista rakenteista työmaalla mitoitetaan moduuleista. Moduulit merkitään numeroilla ja kirjaimilla. Moduulilinjat merkitään sekä kirjaimin että numeroin niin, että poikkisuuntaiset linjat merkitään kirjaimilla ja pystysuuntaiset linjat merkitään numeroin. [2]



Kuva 4. Erään työmaan moduuliverkko. Kyseinen moduuliverkko on jaettu kolmeen eri osaan: oikealla alhaalla A-osa, ylempänä B-osa ja viistossa C-osa.

Rakennusmittaukset voidaan jakaa kahteen osaan: kunnan mittauksiin sekä mittamiehen töihin. [2]

2.1 Kunnan mittaukset

Uudisrakennusprojektin alussa kunnan mittaustoimella on merkittävä ja tärkeä tehtävä rakentamisen alkuun saamisessa. Aluksi kunnan työntekijä merkitsee tulevan rakennuksen nurkkapisteet maahan ja tämän jälkeen kunta luovuttaa kyseisten pisteiden tiedot, kuten koordinaatit sekä korkeudet rakennuttajalle. Näiden tietojen pohjalta sijainninmäärittämien sekä varsinainen rakentaminen on mahdollista.

Kunnan mittauksiin kuuluu myös rakennusvalvontamittaukset. Rakennusvalvonta ohjeistaa rakennuttajaa rakentamisessa esimerkiksi ympäristöön, suunnitteluun ja lupa-asioihin koskevilla asioilla. Mittauksien tärkein osa on sijaintikatselmus, joka tehdään heti sen jälkeen, kun rakennuksen perustukset ovat valmistuneet. Rakentamista ei myöskään saa jatkaa ennen kuin sijaintikatselmus on hyväksytty.

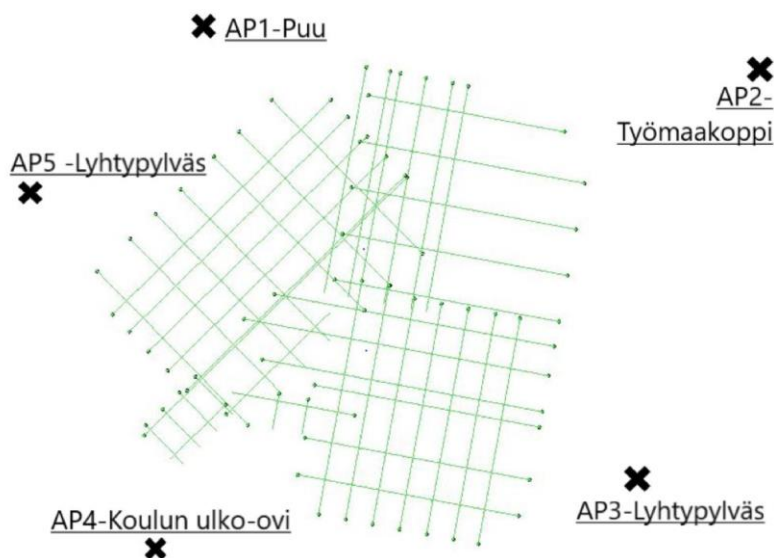
2.2 Mittamies

Mittamiehen työt alkavat sen jälkeen, kun rakennuksen nurkkapisteet ovat merkattu ja koordinaatit tiedossa sekä luovutettu rakennuttajalta mittamiehelle. Kyseisten tietojen avulla mittamies pystyy tehdä runkomittaukset eli luomaan uusia kiintopisteitä sekä kiintopisteverkon. Kiintopisteet ovat pysyvästi ja yksikäsitteisesti merkittyjä runkopisteitä ja ne voivat olla erillisiä tasokiintopisteitä, erillisiä korkeuskiintopisteitä tai yhdistettyjä taso- ja korkeuskiintopisteitä. Rakennuskohteissa käytetyt kiintopisteet ovat yleensä taso- ja korkeuskiintopisteitä ja niistä tunnetaan tasokoordinaatit (X,Y) sekä korkeus.

Runkomittauksilla tehtyjä kiintopisteitä hyödynnetään muiden mittausten tunnettuina lähtöpisteinä. Runkomittausten tehtävänä on mahdollistaa laajan alueen mittauksen yhteisessä koordinaatistossa. Tämä tarkoittaa sitä, että mittausten asemapisteen eli kojeasemat sidotaan kiintopisteiden avulla samaan koordinaatistoon. Toisena tehtävänä runkomittauksilla on sitoa paikallinen verkko laajempaan kokonaisuuteen kuten valtion tai kunnan koordinaattijärjestelmään. Kiintopisteverkko voidaan tehdä erilliskoordinaatistona, joka on tehty vain kyseistä työmaata varten mukaillen rakennusten seinälinjoja ja se poikkeaa valtakunnallisista koordinaatistoista. Jotta verkon sisäinen tarkkuus olisi rakentamistoiminnan kannalta riittävän hyvä, on verkko syytä tasoittaa itsenäisenä kokonaisuutena. Tämä tarkoittaa sitä, että kiintopisteet mitataan vääristymän välttämisen takia.

Kiintopisteverkon luominen aloitetaan tarkistamalla merkittyjen nurkkapisteiden yhteensopivuus, jonka jälkeen takymetri asemoidaan kunnan antamien nurkkapisteiden avulla vapaalle asemapisteelle. Takymetrille lasketaan sijainti lähtöpisteiden eli nurkkapisteiden erilliskoordinaatistoon annettuiden koordinaattien perusteella sekä niille tehtyjen havaintojen perusteella. Sijainnin ollessa tiedossa voidaan työmaalle ja lähiympäristöön luoda kiintopisteitä tähystarrojen avulla, jotka luovat työmaalle oman kiintopisteverkon. Toinen vaihtoehto mittaus työn aloitukselle on mitata nurkkapisteet sekä itse sijoitetut kiintopisteet ja siirtää ne tietokoneella Helmert-muunnoksella käytettävään moduulikoordinaatistoon. Tämän jälkeen takymetri pystytään jatkossa orientoimaan ja sijoittamaan haluttuun paikkaan oikeassa koordinaatistossa. Mittaustyöt tekevä yhtiö on itse vastuussa kiintopisteverkon luomisesta työmaalle.

Alapuolella on esimerkki (kuva 5) erään työmaan kiintopisteverkosta rakennusurakan alkuvaiheessa. Kiintopisteet ovat sijoitettu monipuolisesti ympäri työmaata, joka mahdollistaa kolmen kiintopisteeseen mittaamisen ja takymetrin orientoinnin joka puolelta työmaata. Lisäksi kiintopistetarran asentamisessa on otettu huomioon sen korkeus, vakaus sekä kiinnityspinta, jottei kiintopiste pääse liikkumaan. Nimeäminen on tehty selkeästi ja kartta on havainnollistava. Rakennusprojektin edetessä kiintopisteitä lisätään tarpeen mukaan, jotta mittaaminen on mahdollista myös esimerkiksi seinien pystytyksen jälkeen. Kiintopisteiden lisääminen aloitetaan orientoimalla takymetri mittaamalla kolmeen olemassa olevaan kiintopisteeseen virheiden välttämiseksi, jonka jälkeen uusia kiintopisteitä voidaan lisätä haluttuun paikkaan. Hyviä paikkoja sisällä oleville kiintopisteille ovat esimerkiksi pilarit. Kiintopisteet mitataan kahdesta eri kojeasennosta ja tallennetaan kiintopiste tiedostoon uusina apupisteinä. [4; 10.]



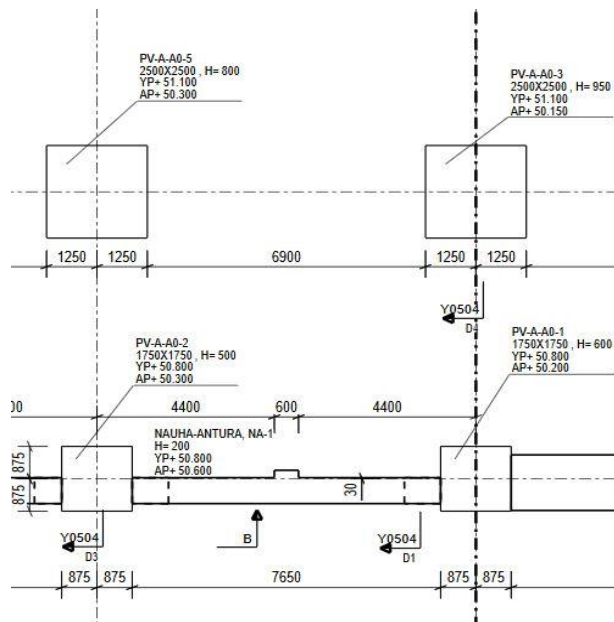
Kuva 5. Erään rakennustyömaan ensimmäinen kiintopistekartta.

Varsinainen rakentaminen alkaa tarpeen vaatiessa louhinnalla tai paalutuksella, jonka tarkoituksena on muokata maaperä suunnitelmien vaatimaksi. Paalutus tehdään silloin, jos maaperä ei ole tarpeeksi kantavaa rakennusalueella tulevaa rakennusta varten. Paalujen tehtävänä on siirtää rakennuksen kuormitus pehmeiden kerrosten läpi kovaan pohjaan saakka. Louhintaa käytetään tapauksissa, jossa kallioperää halutaan muokata esimerkiksi rakentaessa maanpinnan alapuolelle. Louhintaa voidaan suorittaa muun

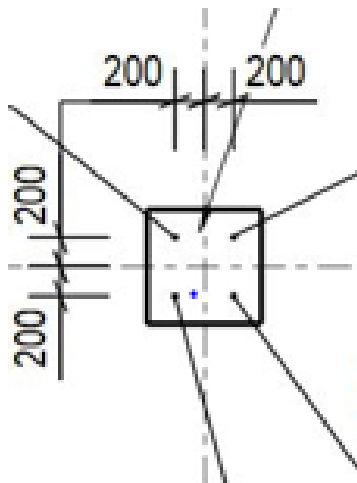
muassa räjäyttämällä. Mittamiehen työhön kuuluu mahdollisten louhinta- ja paalutuspaikkojen merkitseminen. Paalutuksessa mittamies myös merkitsee paaluun katkaisupaikan. Kun paalutus on suoritettu, mittamies tarkemittaa paalut ja lähettää työnjohdolle tarkemittauksen tulokset. Jos paalutuksessa on paljon poikkeamaa suunnitellun sijainnin ja todellisen sijainnin välillä, voidaan joutua tehdä mahdollisia korjaus töitä.

Vaikka Maavakio Oy tarjoaa myös mittauspalveluita paalutukseen ja louhintaan, maanrakennusyhtiöllä voi olla käytössään oma mittamies tai laitteisto kaivinkoneissa, jonka avulla yhtiö voi suorittaa paalutuksen ja louhinnan. Tällöin itse mittamiehen rakennusmittaukset alkavat vasta, kun maanrakennustyöt on suoritettu ja salaojien sekä perustuksien rakentaminen alkaa. Rakennuksen perustana ovat raudoitetut betonianturat, jotka jakavat rakennuksen painoa tasaisesti maapohjalle. Mittamies merkkää aluksi anturalle kulmapisteet, joiden mukaan luodaan muotti. Tämän jälkeen muotti raudoitetaan, jonka jälkeen asennetaan peruspultit, jotka kannattelevat päälle tulevaa pilaria. Asennuksessa käytetään asennussapluunaa, jossa pulttien ristimitat on mitoitettu suunnitelmien mukaisesti. Tällöin pulttien sijaintia ja korkeustaso helposti hallittavissa. Sapluuna asennetaan paikalleen anturamuottiin ennen betonitöitä ja varmistetaan sen pysyvän paikallaan hyvällä tuennalla. Betonityöt voivat liikuttaa pultteja pois paikoiltaan, jonka takia otetaan tarkemittaukset betonoinnin jälkeen ja varmistetaan pulttien sen hetkinen sijainti. Jos pultit ovat siirtyneet sallittujen toleranssien ulkopuolelle, voidaan pultteja oikeasta oikealle sijainnille vielä betonin ollessa löysää. [7; 8; 9; 11.]

Anturoita yhdistävät seinien perustuksina toimivat nauha-anturat, joille mittamiehen on merkattava ulkolinjat (kuvat 6 & 7). Ennen kyseisten nauha-anturoiden betonointia on tarkistettava mahdolliset tartunnat ja niiden merkkäus myöhemmin samasta paikasta ylöspäin jatkuvaa seinää varten. Kun anturat peruspultteineen on valettu, asennetaan pilarit eli rakennuksen kantavat pystytolpat pultteihin, joihin mittamies käy merkkäämassa keskilinjat. [2]

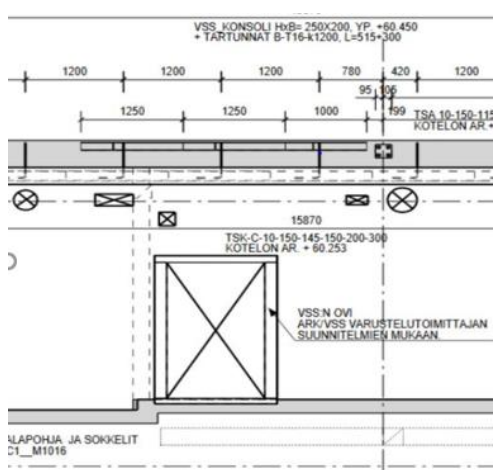


Kuva 6. Esimerkki suunnitelmakuvasta. Kuvassa neljä anturaa, kaksi isoa ja kaksi pientä. Lisäksi kuvassa nauha-antura yhdistämässä pohja-anturoita.



Kuva 7. Esimerkki suunnitelmakuvasta. Kuvassa tarkastellaan anturaa lähempää. Anturan keskellä pulttimuotti kuvaamassa pilaria sekä neljä pulttia. Pulttiryhmän keskellä kulkee moduulilinja.

Myös muut valettavat osat voivat työllistää mittamiestä työmaalla. Näihin kuuluvat muun muassa pilasterit eli valettavat pilarit. Myös hissikuilut, porraskäytävät, rullaporaat tai väestönsuojat kuuluvat valettaviin betonitöihin. Erityisesti väestönsuojien seinien merkkämisessä tulee ottaa huomioon seinän läpi menevät läpiviennit, kuten ovet ja ilmanvaihtoputket, jotka tulee sijoittaa seinään ennen betonitöitä (kuva 8). Valettavien seinien lisäksi työnkuvaan kuuluu myös muiden seinälinjojen merkitseminen. Näitä ovat esimerkiksi sokkelikivet eli nauha-anturan päälle valmiina elementtinä asennettava seinäkivi sekä rakennuksen sisäpuolelle tulevat väliseinät.



Kuva 8. Suunnitelmakuva sekä todellinen tilanne seinän läpivienneistä ennen betonitöitä. Kuvissa väestönsuojan seinään tuleva ovi sekä ilmanvaihtoputkia.

Työmaan loppuvaiheessa rakenteiden ollessa valmiita mittamies merkitsee erilaisten koneiden, videotaulujen sekä linjastoiden sijaintia rakennukseen, joiden mukaan asennus lopulta tapahtuu.

Mittamiehen työhön sisältyy myös suunnitelmakuvien käsittely. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitelmissa olevat kuvat käsitellään niin, että niiden avulla pystytään merkitä pisteitä itse työmaalla. Suunnitelmakuvia säilytetään ja ylläpidetään projektipankissa, josta löytyy kaikki työmaan suunnitelmat sekä PDF- että DWG-muodossa. Mittamiehelle näistä tärkeämpi on DWG-muodossa olevat kuvat. DWG-kuvia voidaan käsitellä eri tietokone ohjelmistoilla, joten niitä käytetään lähes kaikissa tehtävissä, joihin suunnitelmakuvia

tarvitaan. DWG-tiedosto sisältää kaiken tiedon, mitä suunnittelija siihen syöttää. Suunnitelmakuvien käsittely alkaa oikean kuvan valitsemisella sen jälkeen, kun työtehtävä ja merkattava kohde on tiedossa. Tämän jälkeen kuva käsitellään kääntämällä ja siirtämällä sitä mukautuvaksi moduuleihin, jonka jälkeen kuva on oikeassa koordinaatistossa. Kun kuva on käsitelty, voi siitä poistaa kaiken ylimääräisen ja jättää vain merkittävän kohdan tiedostoon sekä lisätä mahdollisia apuviivoja tai -pisteitä merkintätyön helpottamiseksi. Poistamalla turhat tiedot tiedoston koko ei kasva liian suureksi ja varmistetaan takymetrin muistikapasiteetin riittävän ja tiedostokuvaa voidaan käyttää. Kuvia käsitellään usein CAD-pohjaisella ohjelmistolla. Opinnäytetyön liitteenä on opas suunnitelmakuvien käsittelyyn kohta kohdalta. [1; 2.]

3 Mittauslaitteet

Rakennusmittauksessa mittamies käyttää erilaisia välineitä mittausten ja merkintöjen suorittamiseen. Omassa työssäni maavakion mittamiehenä tärkein käytössäni ollut mittalaite on takymetri. Sen avulla tehdään lähes kaikki työmaalla tehtävät mittaustyöt sen ominaisuuksien soveltuessa rakennusmittaukseen erinomaisesti. Takymetrin lisäksi Maavakion mittamiesten työssä käytetään esimerkiksi mittanauhaa, 6-pistelaseria sekä vesivaakaa. Edellä mainittujen laitteiden lisäksi mittauksia voidaan suorittaa myös lukuisilla muilla välineillä. Välineen valintaan vaikuttaa tehtävä mittaus. Esitellyt mittauslaitteet ovatkin jaoteltu kahteen eri kategoriaan: Maavakion mittamiesten yleisesti käytetyt mittauslaitteet sekä muut mittalaitteet, joilla rakennusmittauksia voidaan tehdä. Mittamiehen työmäärää rakennustyömaalla vähentää kirvesmiesten ja elementtiasentajien omat helpokäyttöiset mittalaitteet. Esimerkiksi pilareiden pystysuoruus voidaan varmistaa tasolaseria käyttämällä, jolloin mittamiestä ei tarvita.

3.1 Maavakion mittamiehen käytössä

3.1.1 Mittanauha

Mittanauha on rakennusmittauksissa eniten käytetty työväline. Se on materiaaliltaan usein terästä. Mittanauhat on luokiteltu Euroopassa luokkiin I ja II niiden tarkkuuden sekä toleranssin mukaan. Mittanauhalla suoritetaan usein mittauksia, jolloin elementtiin eli valmiiksi paikallaan olevaan seinään merkitään esimerkiksi porausreikiä tai tartuntapaikkoja.

Taulukko 1. Mittanauhan toleranssit [16]

Pituus (m)	Luokka I	Luokka II
2	±0.3 mm	±0.7 mm
3	±0.4 mm	±0.9 mm
5	±0.6 mm	±1.3 mm

Teräsmittanauha (kuva 9) on kalibroitu 20 celsiusasteessa yleensä 50 newtonin jännitysvoimalla. Suomessa lämpötila vaihtelee paljon vuoden aikana, joka aiheuttaa lämpölaajenemista teräkseen ja vaikuttaa teräsmitan pituuteen. Teräs laajenee lämpölaajenemiskertoimella 0,000012, joka tarkoittaa että 10 asteen pakkasella mittavirhettä tulee 0,72 millimetriä kahden metrin matkalla. Lämpötilanvaihtelun aiheuttama muutos mittanauhan pituudessa on tärkeää ottaa huomioon mittauksia tehdessä. Myöhemmin esitelty nykyaikaiset etäisyysmittarit ovat syrjäyttäneet mittanauhan tarkkuudella, minkä takia sillä tehdään vain yksinkertaiset ja pienet mittaukset. [16]



Kuva 9. Teräsmittanauha

3.1.2 Vesivaaka

Vatupassi (kuva 10) eli vesivaaka on työväline, jolla määritetään esimerkiksi seinän pystysuoruutta. Vesivaakan toiminta perustuu painovoimaan ja nesteiden käyttäytymiseen. Kun jokin kappale on täysin vaaka- tai pystysuorassa, pysyy ilmakupla keskellä. Pinnan ollessa vinossa ilmakupla nousee korkeammalle puolelle. [15]



Kuva 10. Vesivaaka

3.1.3 6-pistelaser

6-pistelaserkohdistuslaite on apulaite sekä mittamiehelle että kirvesmiehelle rakennustyömaalla. Sen avulla pystyy esimerkiksi siirtää pisteen lattiasta kattoon tai määrittää seinien suorakulmaisuutta lattiaan nähden. Toiminta perustuu siihen, että laser sijoitetaan lattiaan merkatun pisteen päälle, jolloin laser heijastaa kyseisen pisteen paikan myös katossa. Lisäksi 6-pistelaseria käytetään pysty- ja vaakasuuntaisten linjojen määrittämiseen. 6-pistelaser on käytännöllinen pienemmillä työmailla, kuten omakotitalorakentamisessa, mutta rakennusmittauksissa isommilla työmailla välinettä käytetään vain pisteiden siirtämiseen. (Kuva 11). [14]



Kuva 11. 6-pistelaser

3.1.4 Takymetri

Takymetri (kuva 12) on mittauslaite, jolla voidaan mitata kulmia sekä etäisyyksiä. Mittausta havainnoista voidaan laskea esimerkiksi koordinaatteja. Se on rakennusmittaajan tärkein työväline sen ominaisuuksien soveltuessa rakennusmittauksiin erinomaisesti. Takymetri erottuu muista etäisyys- sekä suuntamittauslaitteista siinä, että mittaushavainnot tallentuvat sähköiseen muotoon ja niitä voi käsitellä eri sovelluksilla. Takymetrin toiminta perustuu sen kykyyn mitata sekä vaaka- että pystykulmat sekä vinoetäisyyden. Tehtyjen havaintojen perusteella voidaan laskea maastotallentimen mittausohjelmien avulla mitatun pisteen sijainti suhteessa takymetrin sijaintiin. Kun takymetri on orientoitu tunnetuiden lähtöpisteiden avulla haluttuun koordinaatistoon, voidaan merkata pisteitä

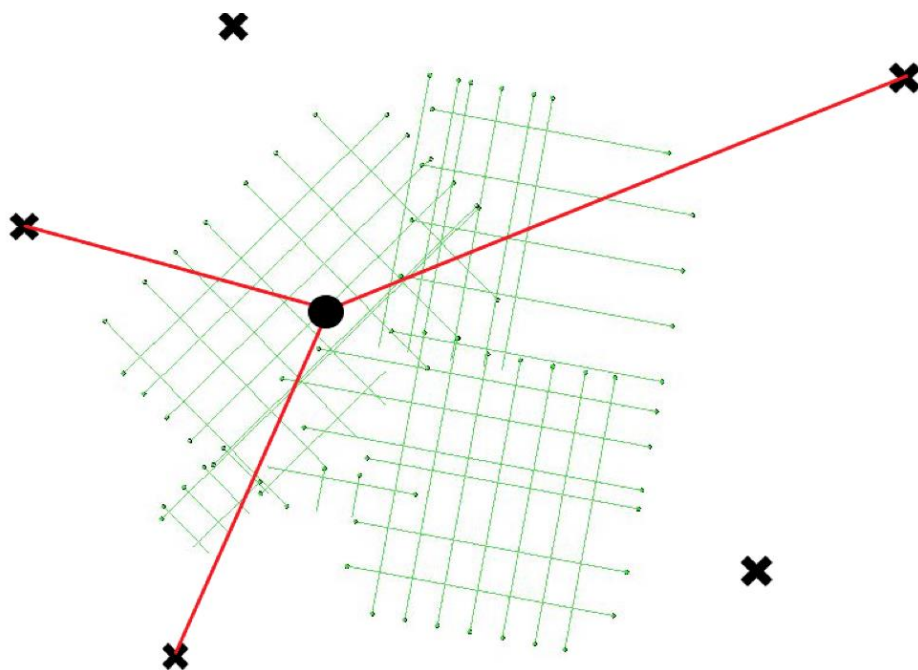
työmaalle. Mittaustyötä ja merkkeistä helpottaa takymetrin ulkoinen kauko-ohjain eli maastotallennin, jonka avulla mittauksia voidaan tehdä etäohjauksella. Maastotallentimeen tallentuvat myös tehdyt mittaukset. [13; 19.]



Kuva 12. Takymetri rakennustyömaalla

Takymetrin orientoinnilla määritetään kojeen sijainti halutussa koordinaatistossa (kuva 13). Sijainti määritetään apupisteiden eli kiintopisteiden avulla, joiden sijainnit ovat tiedossa ennen mittauksen aloittamista ja toimivat tunnettuina lähtöpisteinä orientoinnissa. Näihin apupisteisiin tehtyjen havaintojen perusteella voidaan laskea kojeelle sijainti kulma- ja etäisyyshavaintojen avulla. Rakennusmittauksissa orientointi tehdään usein vapaalle asemapisteele eli sijainniltaan tuntemattomalle paikalle, koska takymetrin eli kojeen sijainti määräytyy tehtävän mittauksen ehdoilla. Kojе sijoitetaan sellaiselle paikalle, josta tehtävä mittaus pystytään tekemään ja mitattava kohde näkyy ilman esteitä. Vapaalle asemapisteele orientoidessa sijainti voidaan määrittää mittaamalla vähintään kahdelle apupisteelle, mutta tarkkuuden parantamiseksi olisi syytä käyttää vähintään kolmea tähtystä, jotta koordinaattien X ja Y virhemahdollisuus pienenee. Omassa työssäni käytän kahden tähtyksen orientointia yleisesti vain korkeuksien merkitsemiseen, koska korkeus voidaan määrittää mittaamalla vain yhteen kiintopisteeseen. Tarkkuuden

varmistamiseksi kahden pisteen keskiarvo on kuitenkin tärkeää. Toinen vaihtoehto on tehdä orientointi tunnetulle asemapisteele. Tällöin takymetri keskistetään ja tasataan pisteelle, joka voi olla esimerkiksi ruuvi tai pultti maassa, jonka koordinaatit tunnetaan jo entuudestaan. Tämän tunnetun pisteen lisäksi tulee mitata vähintään toinen koordinaateiltaan tunnettu piste eli liitospiste, jotta liitosuunta voidaan määrittää ja takymetrin tähtäyssuunta voidaan laskea. Lisäksi kojekorkeus on mitattava ja syötettävä orientoinnin tietoihin. Korkeus voidaan myös siirtää takymetriin läheisyydestä löytyviltä korkeuskiin-
topisteiltä. Kahden pistetiedon, eli suuntakulman sekä kojekorkeuden avulla voidaan laskea takymetrille sijainti. Kun tähän lisätään vielä korkeustieto, on halutun pisteen merkitseminen mahdollista. [13]



Kuva 13. Havainnekuva takymetrin orientoinnissa tehtävistä kolmesta mittauksesta. Laadunvarmistamiseksi mittaukset tulisi tehdä kahdessa eri kojeasennossa

3.2 Muita mittauslaitteita

3.2.1 Etäisyysmittari

Sähköinen etäisyysmittari (kuva 14) on hyvä vaihtoehto mittanauhalle, jos mitattava etäisyys on mittanauhalle mitattavaksi liian pitkä. Laitetta käytetään yleisesti yli 5 metrin mitausten suorittamiseen. Etäisyysmittareiden tarkkuus on keskimäärin ± 1.5 millimetriä 50 metrin matkalla. Laite toiminta perustuu laseriin, joka mittaa pinnasta etäisyyden mitta-laitteesta kohteeseen, johon laser osuu. Ongelmana etäisyysmittareissa on laitteen epävarmuus mitattaessa todellista lyhyintä etäisyyttä kallistuskulman takia esimerkiksi alhaalta ylöspäin mitattaessa. Uusimmissa mittareissa kallistuskulma on kuitenkin ilmoitettu ja etäisyys on todellinen. [19]



Kuva 14. Bosch GLM 50 C -etäisyysmittari.

3.2.2 Vaaituskoje

Vaaituskojetta (kuva 15) käytetään rakennusmittauksissa korkeuden mittaamiseen ja sen siirtämiseen paikasta toiseen. Uusimmat vaaituskojeet antavat normaalivirheeksi on kolme millimetriä kilometrin matkalla. Lisäksi ne ovat itsetasaavia eli laitteet tasaavat itse itsensä. Tämän ansioista laitteen käyttäjän vastuulle jää vain pystyttäminen ja vaaituskuplan säätäminen keskelle tasainta, jolloin huolimattomuudesta johtuvat virheet vähentyvät huomattavasti. Vaaituskojeella korkeus mitataan tähtäämällä lattaan, joka on tunnetulla korkeudella esimerkiksi pultin päällä, jonka korkeus tiedetään. Tämän jälkeen voidaan laskea korkeus latasta eteen- ja taakse havaintoja hyväksikäyttäen halutulle pisteelle. Tunnetulle pisteelle tehtävä taakse havainnon avulla saadaan kojeen vaakatason korkeus selville. Eteenpäinhavainto tehdään ennestään tuntemattomalle pisteelle.

Tämän jälkeen lasketaan taaksepäin havainnon ja eteenpäin havainnon välinen erotus ja pisteiden välinen korkeuserotus on selvillä. Havaintoja tehtäessä tulisi muistaa pitää taakse- ja eteenpäin havainnot samanpituisina. [13]



Kuva 15. Vaaituskoje

3.2.3 Teodoliitti

Teodoliitti (kuva 16) on takymetrinkaltainen vaaka- ja pystysuuntaan kääntyvä kauko-putki, jolla voidaan mitata vaaka- ja pystykulmia. Teodoliitin toimintaperiaate on samankaltainen kuin takymetrillä, mutta takymetriin on lisätty etäisyysmittari, jonka takia takymetri on syrjäyttänyt teodoliitin mittaustöissä. [13]



Kuva 16. Nykyaikainen teodoliitti

3.2.4 Loadman-kantavuusmittaus

Maavakion palveluihin kuuluu myös kantavuus- ja tiiviysmittausten tekeminen maaperälle, jotka tehdään Loadman-pudotuspainolaitteella (Kuva 17). Se on kevyt käsin kannettava laite ja se toiminta perustuu laitteen sisällä olevaan 10 kilon painoon, joka pudotessaan aiheuttaa maahan painumaa. Kyseisen painuman avulla lasketaan maan maksimitaipuma ja kantavuus, kun painon kiihtyvyydenopeus tiedetään. Kantavuusmittauksia tehdään kaikenlaisilla rakennustyömailla, kun halutaan selvittää maaperän kantavuus ja tiiveys mahdollista paalutustarvetta varten. [1]



Kuva 17. Loadman-kantavuusmittauslaite

3.2.5 Tasolaser

Tasolaser on työmailla käytössä oleva korkeudenmittauslaite (kuva 18). Sen avulla kirvesmiehet pystyvät siirtämään mittamiehen merkkamaan korkeuden haluamaansa paikkaan. Tasolaserin korkeus mitataan sijoittamalla ja tasaamalla laite haluttuun paikkaan ja sijoittamalla lähtökorkeus laitteeseen. Korkeus saadaan siirrettyä viemällä vastaanottimen avulla vaakasäde mittapisteen läheisyyteen, joko ylä- tai alapuolelle. Korkeusero mitataan mittanauhalla. Helpoin ja varmin tapa korkeuden siirtoon on käyttää

vastaanottimen apuna ajokeppiä kuten puurimaa. Tällöin vastaanotin kiinnitetään keppiin korkeuseromerkin kohdalle. [13; 18.]



Kuva 18. Laserkorkeusmittari

4 Tyypilliset mittausvirheet ja laadunvarmistus

Rakentamisteollisuudessa virheet voivat johtua monesta eri syystä. Yleisimpiä syitä ovat kosteus- ja homevauriot, jotka johtuvat kosteuden pääsystä rakenteisiin rakentamisen aikana. Kaikki virheet voivat aiheuttaa niin ajallisesti kuin taloudellisesti kalliita korjaustöitä ja rakentamisen laatuun tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Virheet voivat johtua myös mittamiehen tekemistä mittausvirheistä. Eniten virheitä rakennusmittauksessa tapahtuu suunnitelmakuvien käsittelyssä, koska käsitteleminen vaatii perehtymistä sekä kokemusta rakennussuunnitelmista. Lisäksi käsittely on moni vaiheista ja virhe voi tapahtua useassa eri käsittelyvaiheessa. Virhe voi tapahtua esimerkiksi valitessa suunnitelmakuvaa projektipankista. Suunnitelmakuvia päivitetään rakentamisen edetessä, jolloin tulee aina tarkistaa, onko uusin kuva käytössä. Haasteita ilmenee myös tapauksissa, jossa esimerkiksi pilasteri on merkitty erikokoisena alapohjakuvassa ja kattokuvassa. Tällöin tulee tarkistaa työnjohdolta, kumpaa kuvaa noudatetaan ja mikä on pilasterin oikea koko.

Suunnitelmakuvia käsitellessä on myös syytä tarkistaa käytettävä koordinaattijärjestelmä sekä kuvien mittakaava. Suunnitelmakuvat ovat usein millimetrin tarkkuudella, ja takymetriin tiedot täytyy syöttää metrisenä. Lisäksi tulee tarkistaa myös koordinaattijärjestelmä, jotta moduuliverkon koordinaattijärjestelmä on sama, kuin mihin suunnitelmat on piirretty. Liitteenä oleva suunnitelmakuvien käsittely -opas auttaa ymmärtämään Cad-ohjelmistojen toimintaa ja auttaa uusia mittamiehiä editointityössä. Oppaassa on valittu eräs suunnitelmakuva, joka on lopuksi käännetty moduuleiden mukaisesti. Se kertoo kuvan käsittelyn tärkeimmät asiat, joiden avulla kääntäminen on mahdollista moduuleihin. Ohjelmiston käytön omaksuu kuitenkin parhaiten itse kokeilemalla sekä kysymällä apua muilta mittamiehiltä. Kyseinen opas kuitenkin helpottaa editointityön aloittamista. [19]

Mittamiehestä johtuvat virheet voivat johtua myös mittajaan ja itse rakentajien eli työmiehien välisessä kommunikoinnissa. Rakennusmittauksessa on useita eri tapoja ja vaihtoehtoja merkitä rakennusosia työmaalle. Esimerkiksi seinälinjan merkkauksessa voi sattua virhe, jos mittamies merkitsee seinälinjan ulkosivua, mutta seinänrakentaja luulee sen tarkoittavan sisä sivua. Tällöin seinä rakentuu väärälle paikalle. Kommunikaatiovirheiden ja merkintävaihteluiden takia olisi tärkeää saada merkkaukset yhtenäiseksi yrityksen sisällä. Myös siirtomerkkien käyttö voi aiheuttaa virheitä. Siirtomerkkejä käytetään

esimerkiksi silloin, jos esimerkiksi seinän nurkkapiste ei osu ontelolaatanpäälle eikä merkitseminen ole mahdollista kyseiselle paikalle. Toinen vaihtoehto siirtomerkkien käytölle on se, että merkittävän alueen edessä on jotain esteenä. Tällöin rakentaja voi sijoittaa seinän siirtopisteen paikalle, vaikka oikea piste olisi muutaman senttimetrin päässä. Siirto merkit merkataan esimerkiksi +300-siirrolla, joka tarkoittaa oikean pisteen sijaitsevan kolmenkymmenen senttimetrin päässä. Mittausvirheet voivat johtua myös huolimattomuudesta. Kiire ja rakennuspaine voivat aiheuttaa mittamiehelle pieneltä tuntuvia virheitä, jotka voivat olla merkittäviä koko rakennusprojektin kannalta niin ajallisesti kuin taloudellisesti. Tyypillisin huolimattomuusvirhe on prismasauvan tai miniprisman korkeuden vaihtamisessa, kun mitataan korkeutta työmaalle. Korkeus tulee aina vaihtaa oikeaksi merkintämittauksia tehtäessä prisman avulla. Takymetrin maastotallennin kysyy mittauksia aloittaessa prisman korkeuden, mutta suurimmat virheet sattuvat, jos korkeutta täytyy muuttaa kesken mittauksen. Omassa käytössäni ollut Leican takymetrissa miniprisman korkeutta vaihdetaan jatkopaloja lisäämällä tai poistamalla. Jatkopalan pituus on 30 cm, ja niitä joudutaan lisäämään esimerkiksi silloin, jos merkittävän paikan edessä on esteitä. Lisäyksen yhteydessä tulisi muistaa vaihtaa takymetriin prisman korkeus oikeaksi.

Huolimattomuudeksi sisältyy myös tulosten virheellinen tulkinta. Virhe voi tapahtua esimerkiksi mittanauhan mitan väärin lukemisessa. Myös takymetrin ominaisuuksien virheellinen käyttö tai epätietoisuus eri attribuuteista aiheuttaa virhettä. Tämä voi tapahtua silloin, jos tarkoitus on merkitä linjaa, mutta takymetriin on jäänyt mittaustavaksi pisteen merkkaus. Tällöin etäisyyttä verrataan takymetriin eikä linjaan, jota tarkoitus merkata. Merkintä tavat -liitteessä on Maavakiolle suunnitellut uudet merkkaustavat, joita noudattamalla epäselvyys virheet vähenevät. Merkintätavat voi jakaa uudelle työmaalle mentäessä rakennuttajalle, joka välittää ne puolestaan eteenpäin kirvesmiehille. Tällöin kirvesmiehet ovat tietoisia käytetyistä merkkaustavoista eikä epäselvyyksiä synny.

Mittausvirheitä voidaan ennaltaehkäistä ja laadun laatua varmistaa myös laitteen toimivuudella sekä kalibroinnilla. Toimivalla ja luotettavalla mittauslaitteella työskennellessä voidaan poissulkea laitteesta johtuvat virheet pois. Tämän takia valmistajan laatimat ohjeet koskien huoltoa ja kalibroitua on otettava vakavasti ja niitä on noudatettava. Muun muassa takymetri tulisi kalibroida säännöllisesti, esimerkiksi vähintään kerran vuodessa. Myös kenttäkalibointi tulee tehdä laitteille, joihin se on mahdollista tehdä vähintään

kerran kuukaudessa laadunvarmistamiseksi. Myös mittamiehen koulutus on syytä olla vaaditulla tasolla, jotta tieto laitteiden ominaisuuksista on riittävä. Olen osaksi opinnäytetyötä luonut Maavakio Oy:n rakennusmittaajille myös muistilistan takymetrillä tehtäviä mittaustöitä varten. Muistilistan tarkoituksena on toimia oppaana, jota noudattamalla varsinkin huolimattomuus virheet vähenevät, kun listan asiat käydään läpi päivittäin mittauksia suorittaessa. [20]

Tärkeä osa laadunvarmistusta on myös laadunvalvonta. Sitä voi harjoittaa niin kunta, rakennuttaja sekä mittamies itse. Vastuu laadunvalvonnasta rakennustyömailla on rakennuttajalla, mutta hoitaessaan rakennuksen kannalta tärkeät sekä kantavat osat paikalleen, jää paljon vastuuta myös itse mittamiehelle. Tarkemmittauksia eli tehtyjen merkkausten dokumentointia otetaan vain tietyistä mittauksista, kuten peruspulteista. Kun pultit on asennettu paikalleen, mitataan valun jälkeen vielä kerran pulttien paikka ja ne tallennetaan erilliseen tiedostoon. Tämän jälkeen tiedot lähetetään eteenpäin ja voidaan todeta pulttien olevan oikealla paikalla. Myös muista tehdyistä mittauksista tulisi pyytää ja vaatia mittaaajalta enemmän tarkemmittauksia ja niiden dokumentointia, jolloin vastuu merkkausten oikeellisuudesta ei jää vain mittamiehelle ja ne tarkastettaisiin myös toisen silmäparin avulla. Resurssit ei tähän kuitenkaan riitä, koska rakennuttajan ja rakennusmittauksista vastaavan yrityksen sopimuksessa harvoin vaaditaan tarkemmittauksia.

5 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkin, miten rakennusmittausten laatua voidaan ylläpitää sekä parantamaan. Työtä tehdessä työskentelin Maavakio Oy:n alaisuudessa rakennusmittaajana, jolloin uusia parannuskeinoja syntyi myös työn edetessä paljon. Eniten informaatiota löytyi kuitenkin päivittäisistä keskusteluista niin kollegoiden, kuin rakennuttajien kanssa. Työn aihealue oli haastava, mutta myös mielenkiintoinen sen vaikuttaessa jokapäiväiseen työhöni.

Maavakio Oy on varsin nuori yhtiö vielä, joten mittamiesten työtapojen yhtenäistäminen merkkauksilla sekä muistilistan löytyminen laadunvarmistukseksi tulee tarpeeseen. Ennen laadunvarmistus sekä tärkeiden asioiden muistaminen on ollut jokaisen mittamiehen henkilökohtaisena vastuulla, mutta nyt siihen on konkreettisia työkaluja. Muistilistan avulla sekä vanhat, että erityisesti uudet mittamiehet voivat käydä päivittäin takymetrillä mittaamiseen liittyvät perusasiat läpi. Suunnitelmakuvien käsittelyopasta apuna käyttäen kuvien työstäminen sujuu helpommin ja ilman virheitä. Merkkaukset puolestaan sovitaa yhteen mittamiesten toimintatapoja. Niitä noudattamalla epäselvistä merkinnöistä sekä huolimattomuudesta johtuvat virheet vähenevät runsaasti. Opinnäytetyössä perehdytään myös rakennusmittaukseen yleisesti, jota voi käyttää apuna esitellessä rakennusmittaajan työkuva ulkopuolisille. Kaikki edellä mainitut seikat mahdollistaa Maavakio Oy:n pysymisen laadukkaana sekä luotettavana mittauspalveluita tarjoavana yrityksenä.

Lähteet

- 1 Seppälä, Emilia. 2020. Toimitusjohtaja. Maavakio Oy. Espoo. Haastattelu. 22.01.2020.
- 2 Sarkkinen, Tapio. 2020. Maanmittausinsinööri. Maavakio Oy. Espoo. Haastattelu. 4.2.2020.
- 3 RALA-sertifikaatti. 2020. Verkkoaineisto. RALA. <<https://www.rala.fi/tuotteet/sertifiointi/>>. Luettu 6.2.2020.
- 4 Kupila, Hannu. 2018. Rakennusmittausten perusteet. Oppimateriaali. Tampereen yliopisto.
- 5 Rakennusmittaus. 2020. Verkkoaineisto. Kiljavan opisto. <<https://kio.fi/ammattillisen-koulutus/rakennusalan-tutkinnot/rakennusmittaus/>>. Luettu 4.2.2020.
- 6 Olympiastadionin työmaa on valittu vuoden korjausrakennustyömaaksi. 2018. Verkkoaineisto. Skanska.fi. <<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/media/uutiset/225273/Olympiastadionin-tyomaa-on-valittu-Vuoden-Korjausrakennustyomaaksi>>. Luettu 25.3.2020.
- 7 Anturat. 2020. Verkkoaineisto. Betoni.com. <<https://betoni.com/kotibetonista/rakennustapavaihtoehtot/perustukset/anturat/>>. Luettu 20.3.2020.
- 8 Räjätys- ja louhintatyön turvallisuusohje. 2016. Verkkoaineisto. Työturvallisuuskeskus. <https://ttk.fi/files/6418/Rajaytys_ja_louhintatyon_turvallisuusohje_23123.pdf>. Luettu 25.3.2020.
- 9 Paalutus. 2020. Verkkoaineisto. Destia. <<https://www.destia.fi/palvelut/pohja-ja-aluerakentaminen/paalutus.html>>. Luettu 25.2.2020.
- 10 Lahden kaupungin taso- ja korkeusjärjestelmien vaihtaminen euref-fin ja n2000-järjestelmiin. 2010. Verkkoaineisto. Kuntaliitto. <<https://www.kuntaliitto.fi/sites/default/files/media/file/Lahden%20kaupungin%20taso-%20ja%20korkeusj%C3%A4rjestelmien%20vaihtaminen%20euref-fin%20ja%20n2000-j%C3%A4rjestelmiin.pdf>>. Luettu 25.3.2020.
- 11 Jaatinen, Jaakko. 2019. Mittausohje peruspulttien asentamiseen. Insinööritoimisto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 25.3.2020.
- 12 Taulukot. 2020. Verkkoaineisto. Peda.net. <<https://peda.net/valkeakoski/ope-tuspalvelut/pk/tyry/pienuokka/efysiikka-82/taulukot>>. Luettu 28.2.2020.

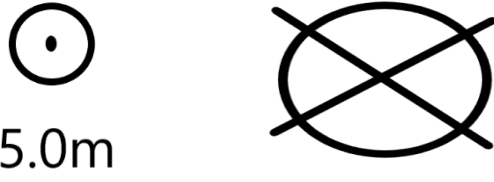
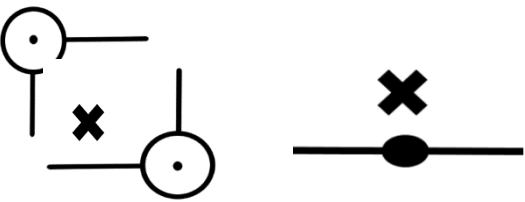
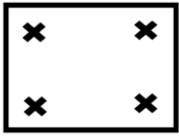
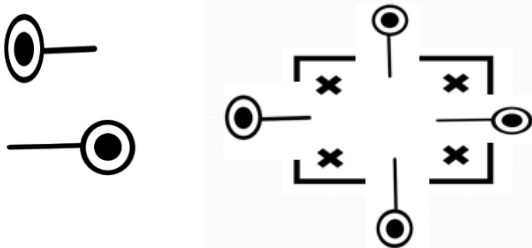
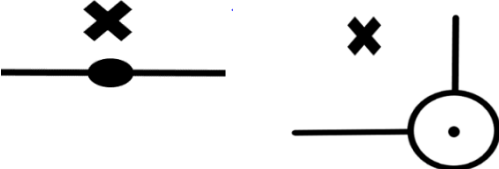
- 13 Laurila, Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.
- 14 Mittaustekniikka. 2017. Verkkoaineisto. Bosch. <<https://www.bosch-professional.com/fi/fi/mittaustekniikka-101298-ocs-c/>>. Luettu 15.3.2020.
- 15 Vesivaaka. 2016. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivaaka>>. Luettu 19.1.2020.
- 16 Tarkat mittanauhat. 2019. Verkkoaineisto. Hultafors. <<http://www.hultafors.fi/arkiv/tarkat-mittanauhat/>>. Luettu 25.3.2020.
- 17 Korkeudenmittaus. Rakennusmittauksen perusteet. M-Mies Oy. Verkkoaineisto. <<https://docplayer.fi/3573506-Korkeuden-mittaus-vaaituskojeet-ja-tasolaserit-korkeudenmittaus-rakennusmittauksen-perusteet-1-1988-1997-m-mies-oy.html>>. Luettu 25.3.2020.
- 18 Heinonen, Heidi. 2016. Yleiset Rakennusvirheet. Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö. Hämeen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 24.3.2020.
- 19 Laseretäisyysmittauslaite GLM 50 C Professional. Verkkoaineisto. 2017 <<https://www.bosch-professional.com/fi/fi/products/glm-50-c-0601072C00>>. Luettu 24.2.2020.
- 20 Alanen, Ville. 2013. Rakennustyömaan mittausten kehittäminen. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 30.3.2020.

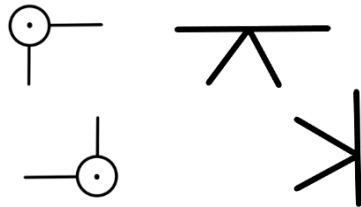
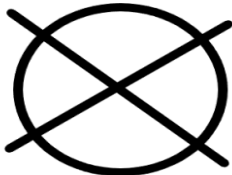
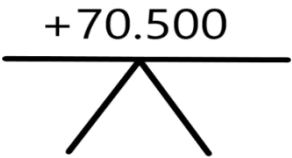
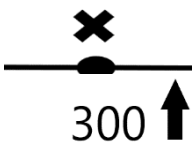
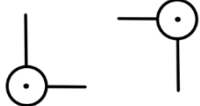
Kuvalähteet

- 1 www.maavakio.fi, 15.3.2020
- 2 www.maavakio.fi, 15.3.2020
- 3 Maavakio, 28.2.2020
- 4 Maavakio, 28.2.2020
- 5 Maavakio, 28.2.2020
- 6 Maavakio, 28.2.2020

- 7 Maavakio, 28.2.2020
- 8 Maavakio, 28.2.2020
- 9 Tarkat mittanauhat. 2019. Verkkoaineisto. Hultafors. <<http://www.hultafors.fi/ar-kiv/tarkat-mittanauhat/>>. Luettu 25.3.2020.
- 10 Mittanauha, 2020. <www.bauhaus.fi>. Luettu 15.3.2020
- 11 Vesivaaka, 2020. <www.wikipedia.fi> Luettu 15.3.2020
- 12 6-piste laser, 2019 <www.makita.fi> Luettu 20.2.2020
- 13 Maavakio, Instagram. 19.1.2020
- 14 Maavakio, 15.2.2020
- 15 Etäisyysmittari, 2018 <www.ikt.fi> Luettu 20.2.2020
- 16 Vaaituskoje, 2020 <www.tooloutlet.fi> Luettu 6.2.2020
- 17 Teodoliitti. 2020 <www.geotrim.fi> Luettu 20.2.2020
- 18 Loadman, 2019 <www.al-engineering.fi> Luettu 20.2.2020
- 19 Tasolaser, 2020 <www.tamolinefinland.fi> Luettu 20.2.2020

Maavakion rakennusmittauksissa käytettävät uudet merkintätavat

Louhinta & paalutus		Louhinta (vasen) Louhintapaikka sekä syvyys merkattu Paalutus (oikea) Paalutuspaikka merkattu
Anturalinjat sekä nurkkapisteet & sokkelilinjat		Antura (vasen) Anturan kulmapisteet merkattu Sokkeli (oikea) Sokkelilinja merkitty
Peruspultin asennus Osa 1		Anturan muottiin merkataan tulevan pulttimuotin sijainnin keskilinjat (esimerkissä punaisella)
Peruspultin asennus Osa 2		Peruspulttimuottiin merkataan pulttien sijainnit
Pilarin keskilinja Merkataan pulttien päälle tulevan pilarin keskilinjoja		Vasen: Käytettävä merkintätapa Oikea: Merkintöjen sijoittuminen pulttien ympärille
Seinälinjat Väli-, valettavat-, elementti-, muurattavat seinät		Vasen: Seinälinja merkattu, X-merkin puolelle rakennetaan seinä Oikea: Seinän kulmapiste merkattu

Läpiviennit Esim. ovet & ikkunat		Vasen: Oven kulmapisteet merkattu Oikea: Oven vaakalinja sekä pystylinja merkattu, josta kirvesmies pystyy mitoittamaan oven sijainnin
Läpiviennit Ilmanvaihtoputket		Ilmanvaihtoputken paikka oikealla korkeudella merkattu
Korkeudenmerkkaus Maahan		Korkeus mitattu pienemmän ympyrän keskeltä Korkeus merkataan pisteen läheisyyteen
Korkeudenmerkkaus Seinään		Korkeus mitattu viivojen kohdasta paikasta Korkeus merkataan pisteen läheisyyteen
Siirtomerkki		Siirtomerkki (esim. seinälinja) merkattu Siirtomäärä ja suunta merkattu merkin läheisyyteen
Laitteiden paikka- leenasennus Linjastot		Laitteiden kulmapisteet merkitään

Muistilista rakennusmittausten laadunvarmistukseen

Suunnitelmakuvan käsittely	<i>Kuva moduuleissa, merkattava piste on oikea, uusin päivitetty kuva käytössä, oikea mittakaava</i>
Laitteissa akkua	<i>Takymetri, tallennin, pora</i>
Kuva siirretty tallentimeen	<i>Työn luonti sekä tiedoston siirto</i>
Laite viety ulos	<i>Talvella vähintään 30 minuuttia ennen mittausta</i>
Oikea prisma	<i>Mittaukseen vaadittu prisma valittu oikein</i>
Merkkausvälineet kunnossa	<i>Tussi, merkkaukseen, poraamiseen vaaditut lyöntiniitit</i>

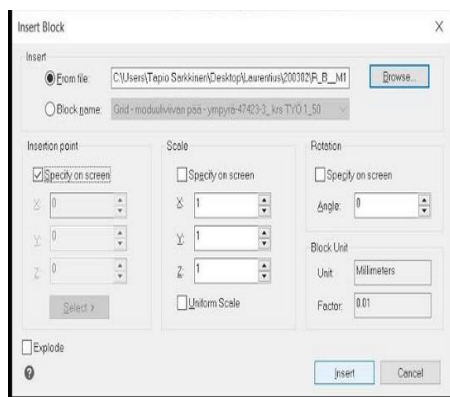
Kenttäkalibrointi	<i>Tehtävä kerran kuukaudessa</i>
Laitteiden ulkoinen tarkastus	<i>Ei kolhuja tai mittausta häiritseviä naarmuja linseissä</i>
Takymetrin sijoitus	<i>Turvallinen paikka, tähykset sekä mittauskohde näkyvissä</i>
Jalat pysyvästi paikalla	<i>Lämpötilan vaihdellessa maa voi sulaa ja takymetri liikkua</i>
Säätälakorjaus	
Tasaus	<i>Tarkistettava myös mittauksen aikana</i>
Orientointi	<i>Laatu hyvä, mittaus tähyksiin 2 eri asennosta</i>
Oikea merkkaustapa	<i>Pistettä merkatessa laitteen pistemerkkauksominaisuus käytössä jne.</i>
Kuvan zoomaus	<i>Kuvaa tarkastellaan riittävän läheltä, jotta esim. vierekkäiset linjat erottuvat toisistaan</i>
Korkeus tallentimeen	<i>Korkeutta merkattaessa korkeus merkattu oikein</i>
Prisma tallentimeen	<i>Prismaan mitattaessa prisma valittu takymetriin oikein</i>
Mittauksen sulkeminen	<i>Mittauksen jälkeen mittaus tulee sulkea mittamalla tähyksiin vielä kerran</i>
Tarkemittaukset	

Laitteiden huolto	<i>Kuivaaminen sateella & oikeaoppinen säilytys</i>
Akut lataukseen	<i>Takymetri, tallennin, pora</i>
Tarkemittausten käsittely	<i>Tiedostojen siirtäminen koneelle → Kuvan muokkaus (Korkeudet, nimistöt) → Pistet & linjat merkitty oikeilla koodeilla → Kuva tilaajan haluamassa koordinaattijärjestelmässä → Kuva tilaajan haluamassa formaatissa</i>

Ohje suunnitelmakuvien kääntämisestä moduuleihin

Suunnitelmakuvan käsittely

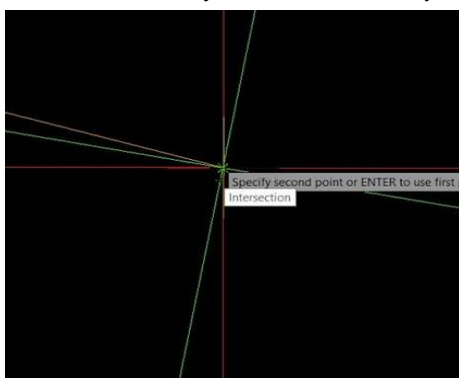
1. Avaa moduuliverkkotiedosto DWG-muodossa
2. Valitse insert ja liitä oikea suunnitelmakuva DWG-muodossa



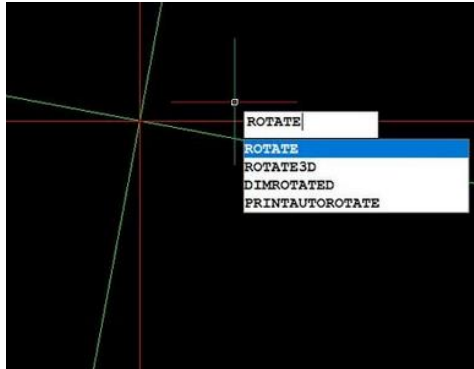
3. Skaalaa kuvaa tarvittaessa
 - Jos kuvat eri mittakaavassa, voi kuvaa skaalata milleistä metreihin esim. kertoimella 0.001. Jos kuvat samassa mittakaavassa, on 1,1,1 -skaalaus oikea.
4. Aseta kuva moduuliverkon lähelle



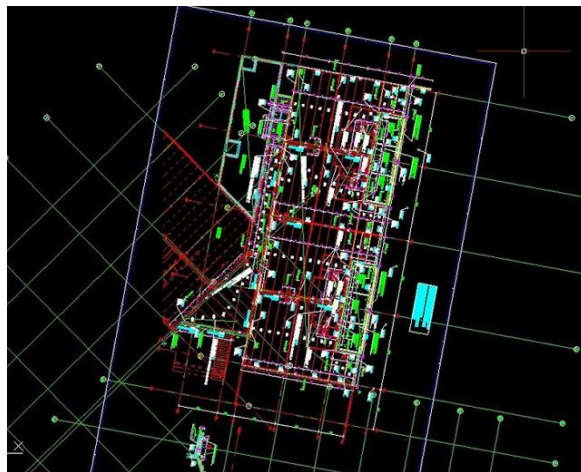
5. Move-komento käyttöön ja valitse suunnitelmakuva, jonka haluat siirtää
6. Valitse moduuliristeys suunnitelmakuvasta ja vie samaan kohtaan alkuperäiseen moduulikuvaa



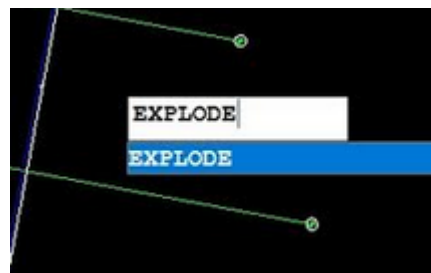
7. Rotate-komento käyttöön ja valitse edellisessä kohdassa käytetty moduuliristeys Base Pointiksi ja paina "R+Enter". Base Point vahvistetaan.



8. Valitse vielä sama moduuliristeys ja seuraa samaa moduulilinjaa suunnitelmakuvaan toiseen päähän ja valitse jokin moduuliristeys sieltä
9. Vie valittu moduuliristeys samaan kohtaan alkuperäiseen moduulikuvaa ja vahvista



10. Valitse koko kuva ja käytä explode-komentoa



11. Valitse kuvasta mitä haluat viedä tallentimelle
- Esimerkiksi tasovalinnalla tai poistamalla ylimääräiset kohteet
12. Komento WBLOCK ja tallenna DXF-muotoon ja siirrä tietokoneen datakansioon.
13. Siirrä tallentimelle