

IVALON LENTOASEMAN MAASTOMALLI

Janina Jatkola
Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan ja liikenteen ala

Maanmittaustekniikan

koulutusohjelma

Tekijä	Janina Jatkola	Vuosi	2016
Ohjaaja(t)	Jaakko Lampinen		
Toimeksiantaja	Finavia		
Työn nimi	Ivalon lentoaseman maastomalli		
Sivu- ja liitesivumäärä	32		

Opinnäytetyön tavoitteena on perehdyttää lukija maastomallimittausten perusteisiin sekä kojeisiin, joita käytetään mittauksissa. Lisäksi opinnäytetyössä esitellään tietokoneohjelmia, joita karttaa työstettäessä on käytetty.

Maastomallimittausten perusteista tietoa löytyi eri kirjallähteistä. Tietokoneohjelmien tietolähteinä olivat pääasiassa nettisivut. Maanmittausalan kirjallisuus on melko vähäistä. Julkaistujen kirjojen tiedot voivat olla vanhentuneita maanmittausalan nopean kehittymisen vuoksi.

Tein maastomallin Ivalon lentoaseman pihasta. Lentoaseman pihan mallintaminen on osana Finavian pohjoisten lentokenttien kehittämissuunnitelmaa. Mittaukset suoritettiin takymetrillä ja kartan AutoCAD-ohjelmalla. Pihan maastomalli arkistoidaan Finavian tietokantoihin. Mallinnettavan alueen sade- ja jätevesikaivojen tulo- ja lähtöputkien korkeuksien tutkiminen kuului myös työtehtäviini. Kaivoista tuotettiin pihamallinnuksesta erillinen tiedosto. Verrattaessa karttaa pihasta tehtyyn suunnitelmaan, huomaa tehtyjen muutoksien olleen pieniä, mutta tarpeellisia kohteen käyttäjille.

Avainsanat maanmittaus, maastomalli, takymetri

School of Technology, Communication and Transport
Degree Programme of Land Surveying
Bachelor of engineering

Author	Janina Jatkola	Year	2016
Supervisor	Jaakko Lampinen		
Commissioned by	Finavia		
Subject of thesis	Ivalo Airport Terrain Model		
Number of pages	32		

The objective of the thesis was to introduce the basics and instruments of terrain modelling. In addition, needed computer programs were presented.

Different literature sources and Internet websites were used for information of terrain modelling and software. Generally, the literature of surveying was scarce. The published books had become obsolete because of the rapid development of the field of land surveying.

The terrain model was made from the Ivalo airport yard. The Ivalo airport was part of the Finavia north airport development program. When making the map a tachymeter and AutoCAD were used for measuring. In addition, the income and outcome as well the height of the sewerage pipes were studied. A separate file of the wells was made. The most challenging part of the thesis was to prepare the map, but at the same time it was the most rewarding part. As a conclusion of the thesis airport's yard was a little bit different compared to the yard plan but repairs were better for the users.

Key words

terrain modeling, tachymeter, surveying

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	MAASTOMALLINNUS	6
2.1	Maastomallinnuksen tarkoitus.....	6
2.2	Maastomalliaineiston keräystekniikat.....	7
2.2.1	Maastomallimittaus.....	7
2.2.2	Pintavaaitus.....	8
2.2.3	Ilmakuvamittaus	9
2.2.4	Digitointi	10
2.2.5	Laserkeilaus	10
2.3	Maastomallinnusvälineet.....	11
2.3.1	GPS.....	11
2.3.2	Takymetri	12
2.3.3	Vaaituskoje.....	13
2.3.4	Laserkeilain	14
3	TIETOKONEOHJELMAT JA TIEDOSTOT	15
3.1	3D-Win.....	15
3.2	AutoCAD.....	15
3.3	Mittamies-ohjelma.....	16
3.4	ASCII-tiedosto.....	16
3.4.1	Taiteviiva	18
3.4.2	Hajapiste	18
3.5	DWG.....	19
4	IVALON LENTOASEMA	20
4.1	Kartoitus.....	20
4.2	Mittauslaitteisto	22
4.3	Kartta	23
4.4	Ongelmat ja ratkaisut	26
4.5	Vertailu.....	27
5	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET.....	31

1 JOHDANTO

Finavia on uudistanut pohjoisen lentoasemiaan muutaman vuoden aikana. Nyt vuorossa oli Ivalon lentoasema, jonka uusitusta piha-alueesta oli aika tehdä maastomalli sen tietokantoihin. Olen aikaisemmin ollut töissä pohjoisen lentoasemilla erilaisissa työtehtävissä, minkä ansiosta minulla oli mahdollisuus saada tehdä opinnäytetyö Finavialle. Ajattelin maastomallin olevan mielenkiintoinen aihe, koska saa tehdä kirjoitusosuuden lisäksi maastossa töitä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli maastomalliin perehtyminen, teoriassa sekä käytännössä sen tekeminen alusta loppuun. Teoriaosuudessa olen kerännyt mahdollisimman paljon perustietoa maastomalleista sekä laitteista ja tavoista, joilla niitä tehdään. Lisäksi jonkin verran tietoa löytyy tietokoneohjelmista, joita voidaan käyttää maastomallia tehdessä. Opinnäytetyötä voidaan käyttää aloittelijan tietopakettina maastomallin mittaamisesta ja mahdollisista mittausvaihtoehdoista.

Maastomallimittauksissa käytettävänä laitteina voidaan käyttää GPS-laitetta, takymetriä, laserkeilainta tai vaaituskojetta. Lentoasemalle tekemissäni mittauksissa laitteena toimi takymetri, sen mittaustoimintojen sekä hyvän mittaustarkkuuden ansiosta. Paljon tekniikkaa sisältävästä alueesta pitää saada tarkka maastomalli, minkä vuoksi ilmakuvaukset tai muut epätarkemmat mittaustavat eivät olisi sopineet tarkkuutensa vuoksi tähän mittaustyöhön.

Luvussa neljä on kerrottuna mittaustyön ja kartan teon etenemisestä. Apua mittauksia tehdessä sain etänä, mutta paikan päällä ei ollut aikaisemmin maastomallimittausta tehnyttä henkilöä. Maastomallin lopputulosta on verrattu pihasta tehtyyn suunnitelmaan, ja suunnitelmasta poikkeavat ratkaisut perusteluineen löytyvät työstä.

2 MAASTOMALLINNUS

Maastomallilla voidaan kuvata maanpinnan muotoa, joko graafisesti tai numeerisesti. Maastomallista löytyy myös muita ominaisuustietoja koodein ilmaistuna. Korkeustiedot ovat oleellinen osa maastomallia, jotta siitä saataisiin mahdollisimman paljon tietoa irti. Kolmiulotteisella maastomallilla voidaan tehdä paljon erilaisia laskentoja ja visualisointeja. (Laurila 2012, 265.)

Uusi tekniikka on muuttanut maastomallinnusta viimeisen 20 vuoden aikana melko radikaalisti. Mittauslaitteiden kehittyessä ja samalla mittaustekniikoiden parantuessa, on maastomallinnuksesta tullut entistä kannattavampaa tehdä. Teodoliittien, eli takymetrin edeltäjän aikana koulutuksensa saaneet mittaajat ovat joutuneet kouluttautumaan periaatteessa kokonaan uudelleen mittauslaitteiden osalta. (Rantanen 2007, 250.)

Mittaamalla kerätyn tiedon tallennus ja -siirto on nopeutunut viime vuosien aikana huomattavasti. Tämän ansiosta kerätystä mittaustiedosta on entistä taloudellisempaa tehdä kolmiulotteista karttaa maastosta. Mitatuista tiedoista löytyvät koordinaattien numeroarvojen lisäksi tallennettuja koodeja, jotka kuvautuvat kartan käsittelyssä halutunlaisina kuviaina. Tiedonkeruun kehittyminen on johtanut myös mallinnusohjelmien kehittymiseen. (Rantanen 2007, 250.)

Ennen tekniikan kehittymistä mitatun tiedon tukena oli ainoastaan laskentaohjelmia, joihin koordinaatit syötettiin käsin, tai koko mallinnus piirrettiin käsin. Nykyään on saatavilla erilaisia graafisia karttaohjelmia. Tietokoneohjelmilla on mahdollista esimerkiksi kolmioida aineisto ja piirtää korkeuskäyriä, poikkileikkauksia sekä laskea massaa. (Rantanen 2007, 250 – 251.)

2.1 Maastomallinnuksen tarkoitus

Suurimpia mittausdatan tilaajia ovat suunnittelijat, joiden tehtävänä on suunnitella rakentamista mitattaville alueille. Mitattavalla tiedolla suunnittelijat saavat fyysistä tietoa suunniteltavista alueista. Kehittyneen mittauksen ja tiedonsiirron ansiosta mittauksista on aikaisempaa kannattavampaa tehdä suunnittelun perustaksi. Ennen mittauksen kehittymistä, mittauksia tehtiin ainoastaan kaikista välttämättömissä suunnittelu ympäristöissä. (Rantanen 2007, 251.)

Tehtyjen maanpinnan kartoitusten avulla suunnittelijat voivat eri mallinnusohjelmien avulla tehdä jäljitelmän maanpinnasta. Tämä data helpottaa suunnittelijoita kohdentamaan rakentamista. Mittaustapojen kehittyessä myös mittausten laadusta on pidettävä kiinni. Maastomittauksilla on saatava mahdollisimman totuudenperäistä tietoa kohteesta, sillä suunnitelmat saatetaan perustaa mitattuun tietoon, eivätkä suunnittelijat käy välttämättä ollenkaan paikan päällä. Jotta tietokonehallista saataisiin mahdollisimman totuudenperäinen, on mitattuja pisteitä oltava määrällisesti tiheässä ja pisteiden tarkkuus on oltava tarpeeksi hyvä. (Rantanen 2007, 251.)

2.2 Maastomalliaineiston keräystekniikat

Erilaisiin mallinnusalueisiin soveltuvia maastomallimittauksessa käytettäviä tekniikoita on olemassa useampia erilaisia. Tarkimpia mittaustapoja ovat maastomallinnus, eli kartoitus ja pintavaaitus. Molemmissa tavoissa mittaaminen tapahtuu paikan päällä, mikä mahdollistaa tarkan numeerisen tiedon keräämisen. Tarkat mittaustavat maksavat työmäärän paljouden takia melko paljon, ja sen vuoksi niitä ei yleensä hyödynnetä suurten alueiden mallintamisessa. (Rantanen 2007, 255, 263.)

Epätarkempia aineiston mittaustapoja ovat ilmakuvamittaus ja digitointi. Näitä tapoja käytettäessä mitattavassa paikassa ei välttämättä käydy ollenkaan, vaan tiedon kerääminen toteutetaan erilaisia välikappaleita apuna käyttäen. Tarkkuuden huonontuminen johtuu välikappaleiden käytöstä aiheutuvasta informaation häviämisestä. Välikappaleina toimivat ilmakuvat ja kartat. Ilmakuvamittaus ja digitointi soveltuvat paremmin suurten alueiden mallintamiseen. (Rantanen 2007, 255, 263.)

2.2.1 Maastomallimittaus

Maastomalli on kolmiulotteisina kuvina ja esityksinä rakennettu kolmiulotteinen malli. Maastomallissa maanpinnan korkeudet mallinnetaan jatkuvaksi pinnaksi.

Sen lisäksi maastomalli voi sisältää maalajipintoja ja -ominaisuuksia, rakennuksia, johtotietoja ja maanalaisia tiloja. Jotta tarvittavat tiedot saataisiin mallinnukseen, on pisteille mitattava koordinaatti- ja korkeustiedot. (Laurila 2012, 265.)

Mittauskohteen maanpinnan muoto saadaan selville mittaamalla tasokoordinaattien lisäksi myös korkeuskoordinaatit. Numeerisesti tai muuten esitettävästä tiedostosta voidaan tehdä tietokoneohjelmilla malleja jotka jäljittelevät mitattua maastoa. (Rantanen 2007, 250.)

Maastomittauksilla suoritettava malli tehdään yleensä pienille alueille. Joskus maastomittauksista voidaan käyttää myös laajoilla alueilla, jos muita mittaustapoja ei ole jostain syystä mahdollista käyttää, tai jos alueen mittaamiseen vaaditaan erityisen suurta tarkkuutta. Yksityiskohtaisia maastomallimittauksia käytetään esimerkiksi, jos puistojen, pihojen tai kunnallistekniikan rakentamiseksi tarvitaan tietoa maastosta. (Salmenperä 2003, 61.)

2.2.2 Pintavaaitus

Maanpinnan ja rakenteen korkeusvaihteluiden mittaamista kutsutaan pintavaaitukseksi. Sen käyttö on kuitenkin vähentynyt satelliitti- ja takymetrimittausten yleistyessä. Pintavaaitus on edelleenkin käyttökelpoinen pienempien alueiden mittaustapa. (Laurila 2012, 228.)

Pintavaaituksessa käytetään ”itselaskevaa lattaa”, jonka asteikko kasvaa ylhäältä alaspäin. Lattan tarkoituksena on helpottaa laskentoja, joita joudutaan tekemään pintavaaittaessa. Mitattaessa latta vietään tunnetulle pisteelle. Latta asennetaan siinä kohdalle, josta näkee tunnetun pisteen sentti- ja millimetrilukeman. Sen jälkeen latta vietään mitattavalle pisteelle, josta nähdään suoraan mitattavan pisteen korkeus. (Laurila 2012, 228 – 229.)

Pintavaaitus on mahdollista toteuttaa kahdella eri tavalla, ruutumenetelmällä tai hajapistemenetelmällä. Ruutuihin jaetussa alueessa mitataan neliön muodostavan alueen nurkat, kun taas hajapistemenetelmässä pyritään valitsemaan vaaittavat pisteet mahdollisimman hyvin maastoa kuvaavasti. (Laurila 2012, 229.)

Pintavaaituksen mittaustulokset kuvataan korkeuskäyrinä, joista nähdään alueelliset korkeusvaihtelut. Yhden korkeuskäyrän korkeus pysyy koko matkan ajan samana. (Laurila 2012, 230.)

2.2.3 Ilmakuvamittaus

Ilmakuvamittauksella saadaan tehokkaasti tietoja mitattavasta alueesta ja siellä tapahtuneista muutoksista. Mittauksissa otetuista kuvista voidaan tulkita useita eri ominaisuuksia. Tarkastelukohteeksi voidaan valita esimerkiksi rakennuksia, teitä tai maanpintaa. (Maanmittauslaitos 2016a)

Ilmakuvamittauksen tehokkuuden ansiosta, sillä voidaan mitata suuria alueita. Ennen ilmakuvamittausten suorittamista on alueelle mitattava riittävästi tunnettuja pisteitä ja näkyvöitettävä ne. Kun kiintopisteitä on tarpeeksi, voidaan suorittaa ilmakuvaukset. Kiintopisteiden avulla kuvat saadaan orientoitua koordinaattijärjestelmään. Uutena tekniikkana lentokoneissa on jo käytössä satelliittipaikantimet, joiden avulla saadaan kuvien koordinaatit ilman näkyvöitettyjä pisteitäkin. (Rantanen 2007, 252; Ojala 2011, 6.)

Ilmakuvien jatkokäsittelyssä peräkkäiset kuvat laitetaan stereokojeeseen muodostamaan stereomallin. Kojeen käyttäjä syöttää kohteen koodit, jotka ”digitoidaan” kovalta. Stereokoje rekisteröi kohteiden koordinaatteja halutulla tavalla ja tavallaan myös digitoi esimerkiksi rakennuksia. (Rantanen 2007, 252.)

Stereokojeen tuottaman kolmiulotteisen maastotiedon tarkkuus riippuu hyvin pitkälti kuvien tarkkuudesta. Jos on tarvetta tarkalle mittausaineistolle, voidaan kuvauslento suorittaa poikkeuksellisesti 500 metrin korkeudelta. Jos normaalia paremmalle tarkkuudelle ei ole tarvetta, käytetään normaalisti peruskarttakuvauksia. Katvealueille voidaan jälkeenpäin suorittaa maastomittauksia takymetrillä tai vaaituskojeella. Maastomittaukset ovat kuitenkin tarkkoja ja samalla hitaita mitaustapoja, joten suuria alueita ei ole järkeä lähteä mittaamaan näillä keinoilla niiden hintavuuden vuoksi. (Rantanen 2007, 253.)

Yleisimmin ilmakuvauksissa on käytetty lentokoneeseen asennettua kuvaustekniikka. Nykypäivänä ilmakuvauslennokkien käyttö ilmakuvauksessa on yleistynyt. Jos halutaan erityistä tarkkuutta vaativia ilmakuvauksia, on lennokkien käyttö hyvä vaihtoehto, sillä niiden lentokorkeus on oltava alle 150 metriä. Lennokeilla otettuja ilmakuvia tuotetaan samalla tavalla kuin muitakin ilmakuvia. (Ojala 2011, 7.)

2.2.4 Digitointi

Kartta voidaan digitoida, jos tarkasteltavasta alueesta oleva kartta on ajantasainen ja tarpeeksi tarkka. Digitoinnissa digitoitavan alueen koordinaatit, yhdessä syötettyjen koodien kanssa, tallentuvat yhdeksi riviksi tiedostoon. Ennen digitointia kartta orientoidaan koordinaattiristien avulla sekä kohteen koodit syötetään tietokoneohjelmaan. (Rantanen 2007, 253.)

Jos halutaan tuottaa numeerista kartta-aineistoa nopeasti ja ilman huippuluokan tarkkuutta, on digitointi hyvin soveltuva keino. Tiedon välikkappaleena käytettävän kartan vuoksi digitoinnissa ei päästä ilmakuvamittauksen eikä varsinkaan maastomittauksien tarkkuuksiin. Digitoinnin nopeuden ja edullisuuden ansiosta, varsinkin aikaisempina vuosina, on kaupunkien kartoista numeeristettu suuri osa. (Rantanen 2007, 253 – 254.)

Vaikka digitointi soveltuu parhaiten kaksiulotteisten karttojen numeeristamiseen, on sillä tekniikalla mahdollista tehdä myös kolmiulotteinen maastomalliaineisto. Jotta kolmiulotteinen digitointi onnistuu, on jokaiselle pisteelle arvioitava Z-koordinaatti korkeuskäyrien avulla. Kolmiulotteisen digitoinnin tuloksena syntyy maastomallikäsittelyyn soveltuva kartta-aineisto tiedostona. (Rantanen 2007, 254.)

2.2.5 Laserkeilaus

Lentokoneessa tai helikopterissa kiinni oleva **ilmalaserkeilain** mittaa kohdetta kohtisuorassa suunnassa lentosuuntaan nähden. Laserkeilaimen keilauskulma on 10° - 20°, jos keilauskulma kasvaa tästä, varjoisten alueiden osuus kasvaa myös. (Laurila 2012, 269.)

Ilmaisinosaa ottaa vastaan lasertykin lähettämät laserpulssit, jotka osuvat kohteeseen ja kimpoavat takaisin ylös. Laserpulssin kulkuajan perusteella voidaan laskea kohteen etäisyys sekä mittauspisteen koordinaatit, jos tiedetään lasertykin paikka ja asento. Sijaintitarkkuus riippuu lentokorkeudesta. Parhaimmillaan päästään jopa senttimetritarkkuuteen, mutta yleisimmin ollaan lähempänä desimetri-luokkaa. (Laurila 2012, 269 – 270.)

Sääolosuhteita laserkeilauksessa ei tarvitse ottaa huomioon. Metsäiset alueetkaan eivät tuota ongelmia lasersäteille. Lasersäteet heijastuvat sekä puusta että sen oksista ja ne myös tunkeutuvat maahan asti. Tämä mahdollistaa tarkatkin mittaukset ja on normaalia ilmakehän kuvasta tehokkaampaa. (Laurila 2012, 270.)

Laserkeilaimet ovat nopeita mittalaitteita. Ne tekevät enimmillään jopa satoja tuhansia mittauksia sekunnissa. Valon kulkuajan perusteella etäisyyden mittaavat laserkeilaimet pystyvät mittaamaan pitkiäkin matkoja verrattuna vaihe-eromittauksella mittaavien keilaimien 80 metrin mitta-alueeseen. Nykyisin valtaosa **maalaserkeilaimista** mittaa kupolimaisesti mitattavan alueen. Ainoastaan laitteen alle jää pieni alue mittaamatta. (Laurila 2012, 272.)

Keilaimet tallentavat koordinaatit mitatulle pisteelle sekä voimakkuuden palautuvalle signaalille. Voimakkuus riippuu kohteen etäisyydestä ja ominaisuuksista. Eri voimakkuuksilla palautuvat signaalit esitetään eri harmaansävyillä. Tällä tavalla mitattavan kohteen pinnalta voidaan keilaamalla erottaa jopa kuvia ja tekstejä. (Laurila 2012, 273.)

2.3 Maastomallinnusvälineet

2.3.1 GPS

GPS (Global Positioning System) on ensisijaisesti kehitetty sotilaskäyttöä varten ja sen tavoitteena oli parin metrin mittaustarkkuus. Kehitystyössä on otettu alusta asti huomioon peruskäyttökin ja sen ansiosta nykyään jokaisella on mahdollista määrittää oma nopeus ja sijainti. (Laurila 2012, 282.)

Satelliittipaikannusta käytettäessä mitataan etäisyyksiä toiminnassa oleviin satelliitteihin. GPS-vastaanotin havainnoi vähintään kolmen, mutta mielellään neljän tai useamman satelliitin sijaintitiedot. Saaduista tiedoista on mahdollista laskea vastaanottimen etäisyys satelliiteista. (Laurila 2012, 291.)

Satelliittimittauksessa on mahdollista käyttää useita erilaisia vastaanottimia. Tavallisella käsivastaanottimella tehdään **absoluuttista paikanmäärittystä**. Siinä satelliitista vastaanotettua koodia verrataan navigaattorissa olevaan koodiin, jonka avulla saadaan selville signaalin kulkuajan perusteella vastaanottimen etäisyys satelliittiin. (Maanmittauslaitos 2016b)

Differentiaalista paikannusta käytetään esimerkiksi kun kerätään paikkatietoja. Mittaamiseen tarvitsee havaintolaitteen ja tietoliikenneyhteyden tunnetussa paikassa olevaan tukiasemaan, joka korjaa paikanmäärityksen virhettä. Satelliittivastaanottimet käyttävät pääasiassa sisäänrakennettua antennia, mutta tukiasemakäytössä niihin voidaan myös liittää ulkoinen antenni. (Laurila 2012, 293.)

Suhteellisessa paikanmäärityksessä tarvitaan kahta vastaanotinta. Kahden vastaanottimen menetelmässä toinen laitteista on asetettu tunnetulle pisteelle ja liikuteltavalla laitteella kerättyjä havaintoja verrataan pisteellä olevaan laitteeseen. Suhteellisessa paikanmäärityksessä käytetyt laitteet ovat geodeettisia, melkein automaattisesti toimivia tietoteknisiä vastaanottimia. Nykyaikaiset vastaanottimet keräävät säännöllisesti satelliittien lähettämistä signaaleista tietoja. (Laurila 2012, 294, 316.)

2.3.2 Takymetri

Takymetrillä mitataan etäisyyksiä, pysty- ja vaakakulmia. Mitatut havainnot tallennetaan sähköisesti, ja niistä voidaan laskea esimerkiksi koordinaatteja. (Laurila 2012, 238.)

Takymetrin rakenne koostuu tasausalustasta, rungosta, alhidadista, mittauskaukoputkesta ja elektronisesta etäisyysmittarista. Lisäksi takymetristä löytyy useampia tasaimia, kolme jalkaruuvia, optinen luoti sekä liikeruuveja. Tasainten,

jalkaruuvien ja optisen luodin avulla takymetri keskitetään ja tasataan. Liikeruuvien avulla kojeella suunnataan mitattavaan kohteeseen. Vaaka- ja pystysuuntaan molempiin löytyvät omat ruuvit, joiden avulla saadaan tehtyä tarkka tähtäys kohteeseen. (Laurila 2012, 239, 241.)

Kojeen käyttöä varten tarvitaan lisäksi kolmijalkoja, prismoja ja tähyksiä sekä kar-toitussauvaa. Kolmijalkoja tarvitaan kojeen ja joissakin mittauskohteissa tähysten jalustaksi. Takymetrin painavuuden vuoksi jalustan on oltava tarpeeksi tukeva, eikä se saa elää kovin paljoa mittausten aikana, esimerkiksi lämpötilavaihteluiden takia. (Laurila 2012, 242.)

Takymetrejä on kehitetty moneen eri tarkoitukseen ja nykypäivänä käyttäjällä on mahdollista valita ominaisuuksien mukaan käyttöön parhaiten sopivilla ominaisuuksilla varustettu koje. Yksinkertaisia rakennusmittauksia varten ei tarvita välttämättä sitä parhaiten varusteltua kojetta, kun taas yksityiskohtaisempia mittauksia varten on saatavilla monenlaisia vaihtoehtoja. Vuonna 1978 ilmestyneen ensimmäisen takymetrin jälkeen kojeet ovat edistyneet valtavasti, ja ominaisuudet vain parantuneet. (Wikman 2004, 44.)

2.3.3 Vaaituskoje

Vaaituskoje on kauan aikaa käytetty korkeudenmittausväline. Vielä nykyäänkin tehdyt havainnot merkitään käsin ylös ja lasketaan manuaalisesti. Vaaituskojeella tehdyt korkeusmittaukset ovat tarkimpia tehtyjä mittauksia. Kojeen käytön periaatteena on mitata korkeuseroja tähtäämällä lattaan ja laskemalla annettujen kiintopisteiden korkeudet havaintoihin. Tällä tavalla saadaan pisteen korkeus merenpinnasta mitattuna. (Laurila 2012, 203 – 204.)

Vaaituskojeen tärkeimmät osat ovat vaakasuoraan asetettava kaukoputki ja automaattinen tasain. Tasaimen avulla koje tasaa itsensä ja kaukoputkesta tehdyt havainnot ovat kohtisuorassa lattaan nähden kaukoputkea kierrettäessä. (Laurila 2012, 207.)

2.3.4 Laserkeilain

Laserkeilaimen toimintaperiaate on hyvin paljon takymetrin kaltainen. Mittauslaitteella mitataan etäisyyksiä ja mittaussuunnat orientoidaan tarkoin. Laserkeilaimella voidaan tehdä mittauksia niin maassa kuin ilmassakin. Ilmassa keilain voi olla kiinnitettynä helikopteriin tai lentokoneeseen. Maassa mittalaite voi olla joko kolmijaloilla tai liikkuvassa ajoneuvossa. (Laurila 2012, 269.)

Mittauslaitteet voidaan jaotella kahteen ryhmään mittausteknisten ominaisuuksien mukaan. Pulssilaser mittaa aikaa, joka energiapulssilla kestää kulkeutua kohteeseen ja kimmota sieltä takaisin. Pulssilaserista poiketen vaihe-erolaserin signaali on jatkuva ja se heijastuu takaisin mittaushohteesta. Keilain mittaa lähetetyn- ja vastaanotetun signaalin vaihe-eron. (Ruohonen 2007, 9.)

3 TIETOKONEOHJELMAT JA TIEDOSTOT

3.1 3D-Win

3D-Win on kotimainen Windows -ohjelmisto, jolla tuotetaan ja käsitellään maastomittaustietoa. Ohjelmisto on yleisesti käytetty kunnissa ja valtion laitoksissa sekä yksityisillä konsulteilla Suomen rajojen ulkopuolellakin. (3D-system 2016)

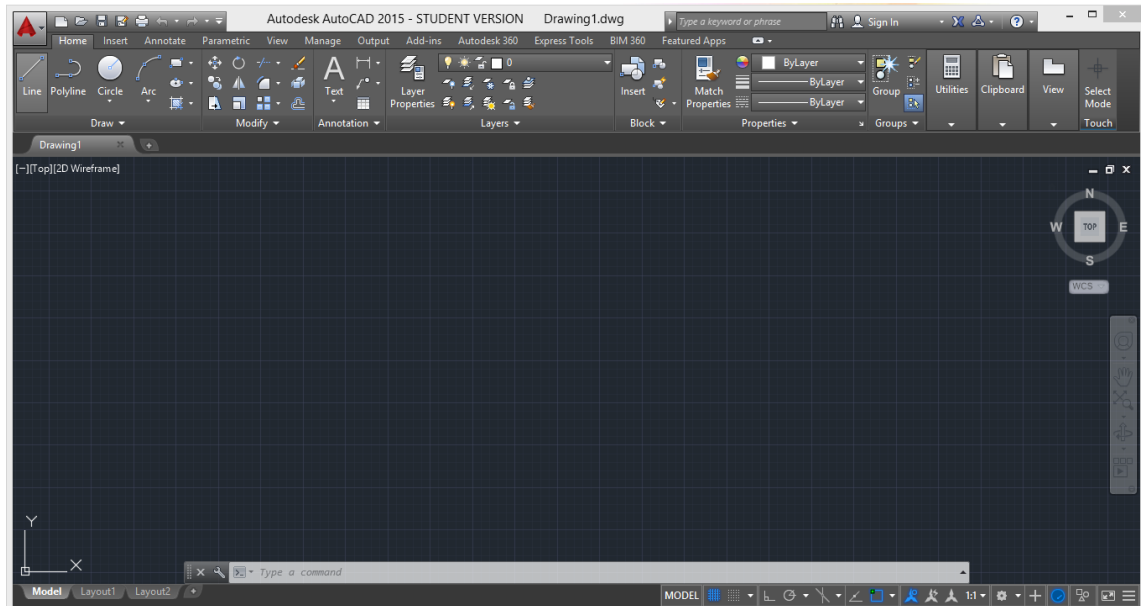
Ohjelmisto mahdollistaa yhtäaikaisen päällekkäisten vektori- ja rasterikuvaelementtien käsittelyn. Kaikkia elementtejä voidaan kuitenkin myös hallita erikseen. Käyttäjän tekemät koodaukset määräävät tiedostojen kuvautumisen ruudulla. (3D-system 2016)

3D-Win ohjelmisto lukee ja kirjoittaa tiedostoja useissa eri formaateissa. Yleisesti käytettyjen formaattien lisäksi on mahdollista tehdä omiakin formaatteja. Monipuolisen tiedostojen luku- ja kirjoitusmahdollisuuksien ansiosta ohjelmistolla voidaan muuntaa tiedostot oikeaan muotoon muiden ohjelmistojen luettavaksi. (3D-system 2016)

3.2 AutoCAD

Autodesk on johtavassa asemassa suunnittelussa ja tekniikassa. AutoCADin (Computer-Aided Design) julkaisusta (1982) asti on Autodesk jatkanut kehitystyötä. Käyttäjiä on laaja-alaisesti, pääasiassa suunnittelijoita. (Autodesk 2016a)

AutoCAD-ohjelmilla voidaan tehdä tarkkoja kaksi- ja kolmiulotteisia malleja ja mittakuvia. Piirtämisen apukeinojen ja mittojen käsin syöttämisen avulla saadaan mittatarkkuus tarkaksi. 2D-ohjelmalla voidaan piirtää esimerkiksi viivoja, ympyröitä ja kaaria. Yleisesti ohjelmaa käytetään lisäohjelman kanssa, mutta uusimpia versioita voidaan käyttää 3D-mallinnuksessa (Kuvio 1). (SlideShare 2016, 3,7,16.)



Kuvio 1. AutoCAD 2015 version 3D-piirtotila

3.3 Mittamies-ohjelma

Mittamies on suomenkielinen pelkistetty rakennusmittausohjelma, joka on suunnattu mittakirvesmiesten käyttöön (M-Mies 2016). Ohjelman kehittäminen on aloitettu vuonna 1991 ja se tukee PDF-, DWG-, DXF- ja DGN -kuvaformaatteja (Mäkinen, 2012, 7).

Mittamies- ja Mittamalli-osiin jaettua ohjelmaa voidaan käyttää niin rakennusmittauksiin kuin maastomallin tekemiseen ja laskemiseen. Mittamiehellä voidaan käsitellä rakennuksen kuvia, luoda mittapisteitä, mitoittaa sekä tehdä Helmert- eli koordinaattimuunnoksia. Kuvien pelkistäminen onnistuu tasoja sulkemalla. (Mäkinen, 2012, 8.)

3.4 ASCII-tiedosto

Kartoitetut pisteet koodataan koneilla ASCII (American Standard Code for Information Interchange) -muotoisiksi tiedostoiksi. Tiedostossa yhdelle pisteelle annetaan koordinaattien lisäksi koodeja, joista selviää pisteen ominaisuustietoja. Yhden pisteen tiedot ovat samalla rivillä. Suuressa kartoituksessa samanlaisia rivejä on siis useita, omilla ominaisuustiedoilla täytettynä. (Rantanen 2007, 251-252.)

ASCII tiedostossa pisterivit sisältävät seuraavat tiedot:

T1	T2	T3	T4	X	Y	Z
1	30	201	87	123.123	987.789	65.56

Missä:

T1 on pintatunnuksen ominaisuustieto. Siitä nähdään mihin pintatunnuksen pintaan piste kuuluu.

T2 on juokseva taiteviivan numero. Se yhdistää kaikki yksittäiset pisteet viivaksi. Tiedostossa taiteviivanumero kasvaa järjestyksessä.

T3 on pisteen lajitunnus, josta selviää, onko piste esimerkiksi rakennuksen nurkka vai valaisinpylväs. Yritykset käyttävät erilaisia koodilistoja, joissa kaikki lajitunnukset ovat lueteltuna.

T4 on pisteen numero. Jokaisella pisteellä on eri pistenumero.

X- ja Y-koordinaatit yhdessä Z-koordinaatin kanssa muodostavat avaruuskoordinaatiston. Ne ovat lukuarvoja, jotka määrittävät pisteen paikan koordinaatistossa. (JHS-suositukset 2008, 3.)

Z-koordinaatti ilmaisee pisteen korkeustiedon. Korkeuspistettä mitattaessa on otettava huomioon Z-koordinaatin olemassaolo jo mittauksen lähtöpisteiltä asti. Jokaiselle mitattavalle pisteelle on kartoitettava myös korkeustieto tavallisesti kartoitettavien X- ja Y-koordinaattien lisäksi. Jotta Z-koordinaatin arvot mitattaisiin oikein, on prisman korkeus muutettava tallentimeen joka kerta korkeutta vaihdettaessa. Kun takymetri siirretään uuteen paikkaan, on kojeen korkeus mitattava aina uudestaan asemapisteen oikean korkeuden määrittämiseksi. (Rantanen 2007, 255 – 256.)

Merenpinta toimii yleensä korkeuden lähtötasona. Pääasiallinen korkeusjärjestelmä on vuoden 1960 merivedenkorkeuden mukainen N60-järjestelmä. Vähitellen ollaan kuitenkin ottamassa käyttöön uudempaa N2000-järjestelmää. (Laurila 2012, 165.)

3.4.1 Taiteviiva

Taiteviiva on maastomallissa samalla viivakoodilla oleva kohde, joka kuvautuu yhtenäisenä viivana kartalla. Esimerkkeinä taiteviivasta on talon nurkkapisteen yhdistäminen samalla viivakoodilla, tai lipputangon mittaaminen samoilla X- ja Y-koordinaateilla Z-koordinaatin muuttuessa maasta otetun pisteen korkeustiedosta huippupisteen korkeustietoon. Lipputangon tallennetut pisteet yhdistetään taiteviivalla yhtenäiseksi. (Rantanen 2007, 259.)

Tämän lisäksi maan pinnanmuotoja voidaan yhdistää taiteviivan avulla. Kun tasainen maa ja mäki erottuvat selvästi toisistaan, on ne otettava kartoituksessa huomioon taiteviivan avulla. Liian kaukaa toisistaan mitatut pisteet, sekä ”oikaistut” kohdat, vääristävät pintamallia. Todenperäisen maastomallin saamiseksi on pisteet mitattava tarpeeksi läheltä ja maastoa mukaillen. Kolmioinnissa ilman taiteviivoja tehdyt maastomittaukset voivat oikaista maan todellisia pinnanmuotoja. (Rantanen 2007, 259 – 262.)

3.4.2 Hajapiste

Kun kartoituksessa on mitattu rakennukset, pylväät ym. lajitunnuksen omaavat pisteet, on kartoitettava hajapisteet. Hajapisteiden mittaaminen tulee kysymykseen, kun alueelta halutaan maan pinnanmuodot aineistoon eikä muita pisteitä ole tallennettu. Mitä tarkemman kartan maan pinnanmuodoista halutaan tehdä sitä tiheämmin hajapisteitä on mitattava. (Rantanen 2007, 256.)

Varsinaisesti hajapiste ei ole mikään kohde, vaan ne täydentävät kerätyn tasokuvioaineiston. Hajapisteiden X- ja Y-koordinaateilla ei ole varsinaista muuta tarkoitusta, kuin ilmoittaa pisteen sijainti kartalla. Koska hajapisteen sijainnilla ei käytännössä ole kovin suurta merkitystä, ei pisteiden mittaamisen takia ole kannattavaa tehdä kovin suurta raivaustyötä näköyhteyden saamiseksi. (Rantanen 2007, 257 – 258.)

3.5 DWG

DWG on Autodeskin useissa ohjelmissa käyttämä tiedostomuoto. Se sisältää kaikki käyttäjän tiedostoon syöttämät tiedot, esimerkiksi kuvat, kartat ja geometriset tiedot. Tiedostomuoto .dwg on yksi suunnittelijoiden yleisimmin käyttämistä muodoista ja se löytyykin lähes jokaisesta suunnitteluympäristöstä. Ensimmäinen .dwg -tiedostoa tukeva tietokoneohjelma oli Autodeskin kehittämä AutoCAD vuonna 1982. (Autodesk 2016b.)

DWG-tekniikan ympäristö mahdollistaa kyvyn tehdä, piirtää, muovata, merkitä ja mitata. Vaikka DWG-tekniikka edelleen liittyy yleisesti AutoCADiin, se on olennainen osa monissa muissakin ohjelmissa. (Autodesk 2016b.)

4 IVALON LENTOASEMA

Ivalon lentoasema kuuluu Finavian pohjoisten lentoasemien kehittämisohjelmaan. Asemalle on rakennettu uusi 3500 neliömetrin kokoinen rakennus, joka on osittain vanhan piha-alueen päällä. Sen vuoksi piha-alue on pitänyt laajentaa entisen ympäröivän metsän tilalle. Uuden piha-alueen valmistuttua Finavia mittaa alueen ja rekisteröi sen tiedostoihinsa. Tehtävänäni oli mitata ja tehdä maastomalli uudesta piha-alueesta ja sen tekniikasta.

Piha-alueesta tehtyyn suunnitelmaan on jouduttu tekemään muutoksia tilaajan pyynnöstä pohjoisen olosuhteisiin toimivampien ratkaisujen tekemiseksi. Sen vuoksi mitattavasta maastomallista ilmenee tehdyt muutokset suunnitelmaa ja maastomallia verrattaessa.

4.1 Kartoitus

Kartoitustyön tekeminen aloitettiin selvittämällä perusasioita tehtävästä työstä. Mittauksissa käytettiin N2000-korkeusjärjestelmää ja ETRS-GK27 –tasokoordinaatistoa. Tasokoordinaatiston numero 27 kertoo keskimeridiaanin asteluvun, joka erottaa eri kaistan koordinaatistot toisistaan. ETRS-GK -tasokoordinaatistot ovat yleisimmin käytettyjä kunnissa. (Maanmittauslaitos 2016c)

Tarkat ohjeistukset sekä koodilistat mittauksia varten tulivat Finavialta. Pihaan oli tehty valmiiksi kaksi tunnettua pistettä, joista takymetrin sai orientoitua kartoitettavalle alueelle. Koska takymetria täytyi liikutella ympäri pihaa, oli hyvä tehdä useita laajalle alueelle näkyviä kiintopisteitä. Näin saatiin valinnanvaraa takymetrin seuraavalle sijoituspaikalle. Kiintopisteet tein tussilla valaisinpylväisiin tai rakennuksien kylkeen. Takymetrin prismattomalla mittauksella pystyi mittaamaan tarkasti pienet kiintopistemerkinnätkin.

Laajan mitattavan alueen vuoksi kojetta oli siirrettävä usean kerran päivässä, koska takymetrillä ei ole mahdollista nähdä nurkkien taakse. Parkkialueella olevat autot estivät myös toisinaan näkyvyyden prisman ja takymetrin välillä. Pihan epätasaisuudesta johtuen näköesteitä ilmeni, vaikka prisman voi tarvittaessa nostaa yli kahden metrin korkeuteen kartoitussauvalla. Tämän takia kartoitettavat alueet

piti kartoittaa pätkittäin ja tehdä useita töitä, joihin keräsin mallinnustietoa ympäri pihaa.

Koska mittausten ajalle sattui kesän ainoat hellepäivät, oli takymetria varottava orientoimasta tuoreelle asfaltille. Kuumassa auringonpaisteessa asfaltti alkaa kuumentua ja elää takymetrin jalkojen alla. Jos jalat pääsevät elämään takymetrin alla, se liikkuu pois tasauksesta herkästi. Asfaltoidulla pihalla sopivan paikan löytyminen oli haasteellista. Parkkialueella liikkui paljon ihmisiä. Ihmisten ja kuumentuvan asfaltin lisäksi tuli varoa myös pysäköityjä autoja, jotka korkeuserojen vuoksi aiheuttivat näköesteitä.

Mittauksissa oli otettava huomioon, että malliin mitattavia hajapisteitä on tarpeeksi tiheään - noin kaksi metriä tasaisemmillä alueilla ja tarvittaessa jopa lyhyemmälläkin välillä. Näin maastomallista saadaan mahdollisimman paljon todellista maanpinnan muotoa kuvaava.

Jokainen pylväs ja tolppa, oli mitattava niin ylhäältä kuin alhaaltakin. Mittauksissa päädyin kokeilemaan tekniikkaa, jossa mitaan pisteen tolpan juurelta ja mitaan tolpan korkeuden. Jälkeenpäin tein taiteviivan tietokoneella, kun tolpan korkeus oli tiedossa. Näin sain tolpan kuvaan suoraan samoilla X- ja Y-koordinaateilla. Vain korkeus, eli Z-koordinaatin arvo muuttui kolmiulotteisessa kuvassa.

Päärakennuksen mallintamisessa kolmiulotteiseksi käytin mittausten lisäksi apuna julkisivukuvia, joista löytyi korkeuseroja eri seinille. Koska rakennus itsessään on melko monimutkainen, oli piirtäminenkin samalla tavalla hieman monimutkaista. Terminaalirakennus ei ollut täysin valmis mittauksia suorittaessani, ja sen vuoksi joitakin muutoksia oli vielä jälkeenpäin tullut. Kuvien, ja jo valmiiksi mitattujen pisteiden avulla uudetkin kohteet näkyvät mallinnuksessa.

Takymetrillä tehtävien kartoitusmittausten lisäksi tehtävänäni oli aukaista kaikkien uudella alueella olevien hule- ja jätevesikaivojen kannet ja kirjata ylös tulevien ja lähtevien putkien korkeustiedot. Kaivoista tuotetaan muusta kartoitustiedoista erillinen tiedosto.

4.2 Mittauslaitteisto

Kartoitusmittauksissa käytin työmaalla koko kartoituksen ajan Leican Viva TS15 -robottitakymetriä (Kuvio 2), jossa on servomoottori. Lisäksi kalustoon kuului kartoitussauva ja Leican maastotallennin, joka on bluetoothin avulla kytketty takymetriin. Robottitakymetri ja etäkäytettävä maastotallennin mahdollistavat takymetrimittaukset yksin tehtäväksi.



Kuvio 2. Mittauksissa käytetty takymetri, maastotallennin ja prisma

Prismana toimi pääasiassa Leican 360° -prisma, jonka takymetri hakee käsken annettuani Power Search -toiminnolla. Kun koje löytää prisman, se lukitaan ja takymetri seuraa prismaa pisteeltä toiselle niin pitkään kun lukituksen ottaa pois päältä. Takymetri hukkaa prisman, kun prisman ja takymetrin välille tulee näköesteitä liian pitkäksi aikaa, tai välimatkan niiden välillä venyy liian pitkäksi. Valmistajan lupaama kantama takymetrin ja prisman välillä on 3 500 metriä jopa 1 mm + 1,5 ppm:n tarkkuudella (Leica Geosystems 2016a)

Joissain mittauksissa järkevin tapa oli käyttää prisman käytön sijaan prismattomia mittauksia. Jos mitattavalle kohteelle on suora näkymä takymetriltä, on prismaton mittaus silloin mahdollista suorittaa. Yleisimmin käytän prismatonta mitausta kiintopisteiden mittaamisessa. Prismattomat mittaukset tehtiin kojeen takaa tähtäämällä suoraan mitattavaan kohteeseen. Laitevalmistaja lupaa prismatoman etäisyydenmittauksen jopa tuhanteen metriin asti. (Leica Geosystems 2016b)

Leica Viva CS15 -maastotallentimen avulla on mahdollista ohjata takymetriä etänä. Kojeen ja tallentimen yhdistävän bluetooth-yhteyden avulla takymetriä voidaan käyttää ilman apumittaajaa. Kaikki takymetrin toiminnot löytyvät tallentimesta. Prisman kanssa kulkiessa pisteeltä toiselle koje vastaanottaa kaikki tallentimelta annetut käskyt. Tallentimen ja takymetrin välinen yhteys katkesi aikaisemmin kuin takymetrin prisman seuraus. Jos siis mitattavaa on pidemmällä etäisyydellä, on mittaamassa parempi olla toinenkin henkilö.

4.3 Kartta

Kartan tekemisen aloitin Mittamies-ohjelmalla. Mitatut alueet oli helppo siirtää välillä tietokoneelle ja muokkauksia ja koodauksia pystyi tekemään samalla. Gt-tiedostona tietokoneelle viedyt pisteet avattiin tietokoneohjelmalla ja tallentaminen tapahtui dwg-muodossa. Kaikki muokkautoimenpiteet tehtiin .dwg-tiedostoon, jonka voi muuttaa jälkeen päin numero, eli ascii-tiedostoksi.

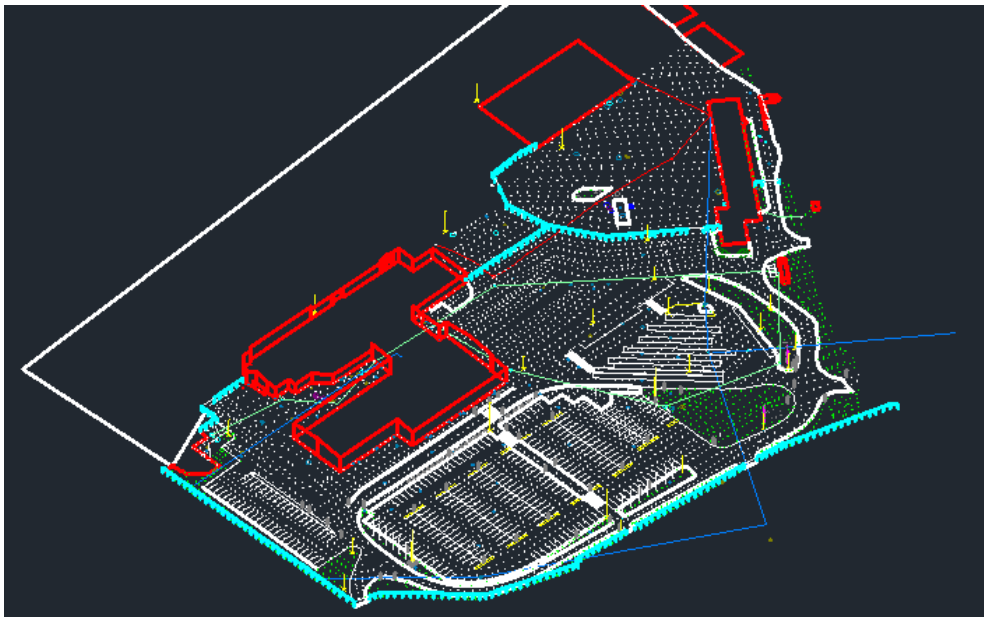
Käyttämälläni takymetrillä valmiina ollut koodilista poikkesi joiltain osin Finavian käyttämistä koodeista ja päätin, että virheelliset sekä puuttuvat koodit koodataan tietokoneohjelmalla mittausten jälkeen. Alueittain tehtyjen mittausten jälkeen muutamien virheellisten koodauksien tekeminen oli helppoa.

Varsinainen mittaalue oli terminaalin ympäristö kaikkialta muualta paitsi lentokoneiden parkkialueelta (Kuvio 3). Koska mitattavia yksityiskohtia oli aidan sisäpuolellakin, täytyi sinnekin päästä mittaamaan. Alue oli tarkoin aidattu – kuten lentoasemat yleensäkin – joten aidan toiselle puolelle tarvittiin lupa päästä tekemään mittauksia.



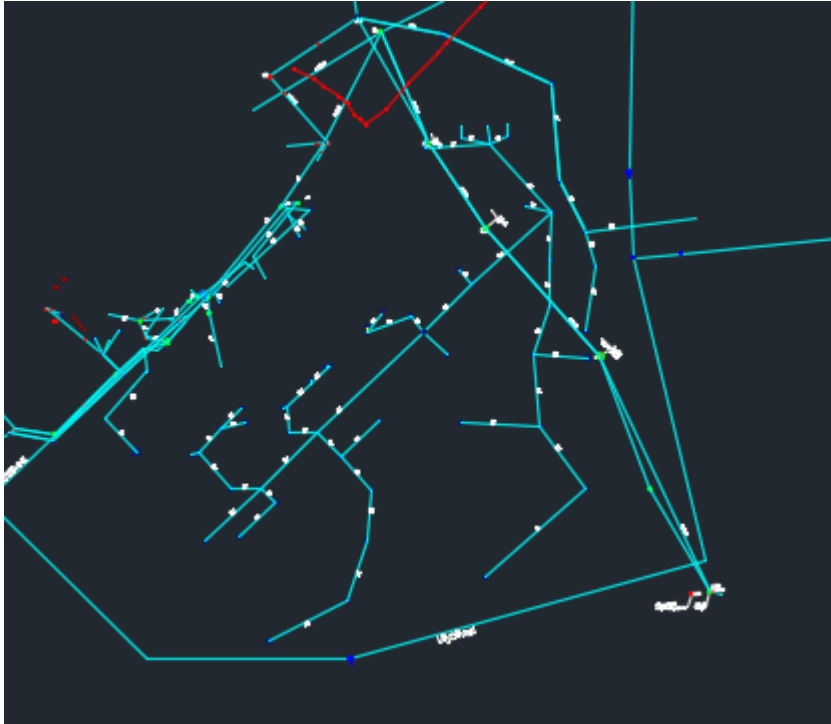
Kuvio 3. Valmis DWG-kuva maastomallinnuksesta

Kuten kuviosta 4 nähdään, ovat esimerkiksi valaisinpylväät, liikennemerkkipylväät ja lipputangot pylväinä tiedostossakin. Päärakennus on kuvattuna kolmiulotteisesti, kattoa luukuunottamatta.



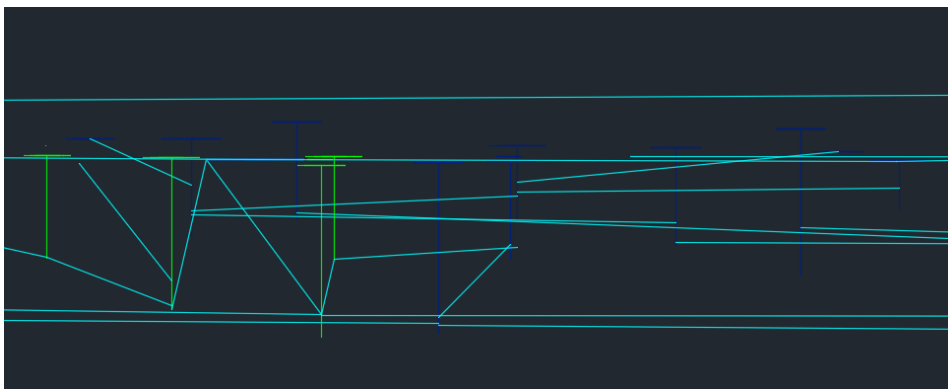
Kuvio 4. Kolmiulotteinen kuva

Ivalon lentoaseman pihan putkista ja kaivoista on tehty muusta kartasta poikkeava kartta, kuten kuviossa 5 nähdään. Putkitiedoista ylläpidetään omaa tietokantaa Finavialla. Jokainen kaivo on käyty läpi ja mitattu. Koneella kaikki putkien mitat merkitään ja ne piirretään kuvaan. Kuvasta selviää, jos jatkossa on aihetta tehdä maankaivuuta tai muita muutoksia ympäristöön, jossa kaikki putket sijaitsevat.



Kuvio 5. Putkista tehty kartta

Kuviossa 6 putket on piirretty oikeisiin korkoihin. Tehdystä kartasta nähdään putkien todelliset tulo- ja laskusuunnat sekä niiden korkeudet. Vihreät kaivot ovat jätevesikaivoja ja siniset hulevesikaivoja.



Kuvio 6. Kaivoihin tulevat ja sieltä lähtevät putket

4.4 Ongelmat ja ratkaisut

Tätä opinnäytetyötä tehdessä eteen tuli myös ongelmia, kuten varmaan monessa muussakin työssä. Kerron suurimmista eteen tulleista ongelmista hieman tarkemmin tässä kohdassa. Ihan kaikkiin pieniin ongelmiin ei ole tarvetta tarttua, niiden ”arkipäiväisyyden” vuoksi.

Ensimmäisen kerran suurempia ongelmia ilmestyi, kun vaihdoin kartan työstöohjelman Mittamiehestä AutoCADiin. Pisteiden koordinaateissa pilkku oli jostain – vielä tuntemattomasta syystä – siirtynyt kolme pykälää oikealle. Tämä huomattiin vasta, kun kartan teko oli edennyt jo melko pitkälle. Huomattuani koordinaattien näyttävän väärin, yritimme kaikin keinoin löytää syytä tapahtuneelle. Mitään keinoja koordinaattien muuttamiseksi ei löytynyt.

Koska koordinaatit olivat väärin, eikä niitä saatu korjattua, oli aloitettava koko työmittauksia lukuun ottamatta uudelleen. Koska AutoCAD ei tue .gt-tiedostoja, oli jokainen mittaustiedosto avattava ensin 3D-Winillä ja muutettava .dwg-muotoon sekä yhdistettävä kaikki tiedostot yhdeksi kuvaksi. Kun kuva saatiin AutoCADilla auki, piti tehdä kaikki samat toimenpiteet kuin Mittamiehelläkin. Tiedostojen tuonti toista kautta tietokoneelle aiheutti sen, ettei pistenumerot, tai mittauksissa tehdyt pisteiden koodaukset tulleet näkyville. Tämän takaiskun vuoksi työmäärä lisääntyi huomattavasti.

Syitä tiedostojen käyttäytymiseen ei löydetty missään vaiheessa. Mahdollisesti mittausvaiheessa on voinut sattua huolimattomuusvirhe. Toisaalta Mittamies-ohjelma näytti pisteiden numerot ja koodit, kun taas AutoCAD tuotti koordinaatit oikealla tavalla. Näin ollen tiedostoissa saattoi olla virheitä, tai ohjelmat eivät lukee niitä oikealla tavalla. Mittausten jälkeisissä käsittelyissä tapahtuneista ongelmista huolimatta sain kartat tehtyä.

4.5 Vertailu

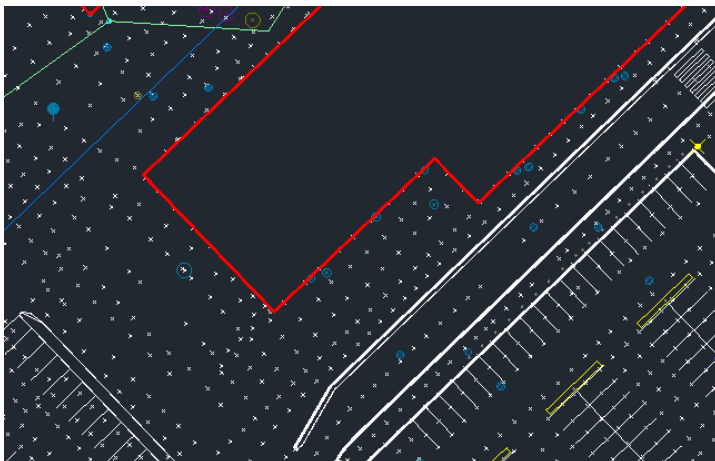
Työssä tehtävänäni oli lisäksi verrata pihasta tehtyä suunnitelmaa ja toteutunutta pihaa toisiinsa. Tässä osassa käsittelen pihasuunnitelman ja toteutuksen välisiä huomattavia eroavaisuuksia.

Tehtyihin suunnitelmiin pyydettiin tekemään muutoksia kohteen käyttäjän toimesta, esimerkiksi lumitöiden helpottamisen vuoksi. Osa suunnitellusta reunakiveyksestä terminaalin edessä on jätetty pois, juuri lumitöiden tekemistä varten.

Terminaalista katsottuna parkkipaikan kauimmainen reuna on terminaalialue huomattavasti korkeammalla ja parkkipaikan jyrkkyys olisi voinut olla ongelmallista talvella, sen vuoksi toteutettu korkein kohta on 30 senttimetriä suunnitellusta pinnasta alempana. Parkkialueen loiventamisen vuoksi on myös kaivon kansien korkeuksia pitänyt madaltaa.

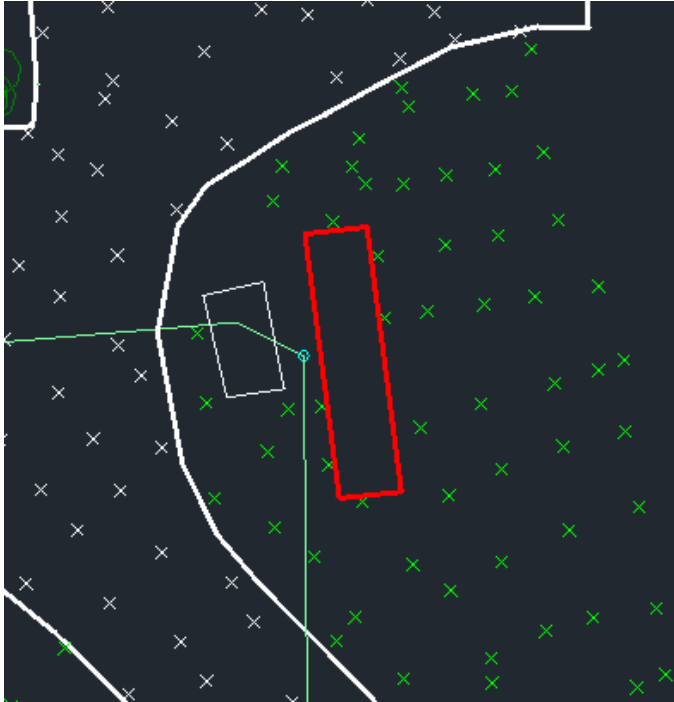
Suuren nurmikkoalueen poikki oli tarkoitus laskea vedet, mutta koska sinne oli suunniteltu myös paljon muuta tekniikkaa – esimerkiksi sähkökaivoja – oli tutkittu paremmaksi, että vesi virtaa viheralueen vierestä kohti imeytyskenttää. Imeytyskentän sijainti on muuttunut suunnitelmasta, mutta ei kovin radikaalisti.

Uuden terminaalin päädyssä olevasta syvennyksestä (kuvio 7) on puuttunut suunnitelmat kokonaan. Kovin paljon tekniikkaa kyseiselle alueelle ei ole sijoitettu, mutta rännikaivoja ja sadevesikaivoja sieltä löytyy.



Kuvio 7. Terminaalin syvennys

Toinen paikka, joka oli ilman pihasuunnitelmaa, on kunnossapitorakennuksen edessä olevat sähkökaappi ja kontti (Kuvio 8). Kontti ja sähkökaappi ovat sijoitettu paikalleen parhaimmalla katsotulla tavalla.



Kuvio 8. Sähkökaappi ja kontti

5 YHTEENVETO

Maastomallimittausten tekeminen ei kokeneelle mittaajalle ole kovin haastava työtehtävä. Nuorikin mittaaja oppii hyvissä olosuhteissa perusasiat melko nopeasti. Lähtökohtaisesti siis opinnäytetyön haastavuus ei ollut kovin suuri. Matkan varrella tulleiden ongelmien myötä työhön tuli lisää haastetta. Vieläkin ratkaisemattomat ongelmat aiheuttavat päänsäivää.

Ensimmäistä kertaa maastomallimittausten tekeminen, ja vieläpä yksin oli mielenkiintoista. Toisaalta olisi ollut hyvä, kun olisi saanut tehdä mittaustekniikat hallitsevan työparin kanssa. Kokemuksen puutteesta johtuen esimerkiksi liikenne-merkkien ja muiden pylväiden sopivinta mittaustapaa piti miettiä. Mittaukset kuitenkin saatiin tehtyä ja osan taiteviivojen tekemisestä tutkin olevan helpompaa tehdä tietokoneella. Nyt kun kartta on pienten ongelmienkin jälkeen saatu tehtyä, voisi kartan tekoa varten tehdä muutoksia mittauksissa.

Kokeneen mittamiehen mukana mittaaminen olisi voinut olla helpompi tapa tehdä mittaukset, mutta yksin tehdessä sai itse päättää, miten mitataan. Kun nyt on itse opetellut yhdenlaiset tavat maastomallin mittaamiseen, olisi hyvä nähdä kokeenemman mittaajan työskentelytapoja maastossa. Ehkä molempia tapoja yhdistelemällä löytyisi itsellekin sopiva mittaustapa seuraavaa maastomallia silmällä pitäen.

Työssä eteen tulleet ongelmat olivat yllättäviä, sillä kaikki toimenpiteet oli omasta mielestäni tehty kuten pitääkin. Jostain tuntemattomasta syystä tiedostot eivät kuitenkaan kuvautuneet oikealla tavalla ja se hankaloitti kartan teon etenemistä. Ongelmat opettivat, että pitää tarkistaa aikaisemmassa vaiheessa pisteiden koordinaatit ja koodit tietokoneohjelmassa. Takymetrin asetuksia on myös syytä tarkistaa, ettei ongelmat johdu sieltä.

Teoriaosuuden tekeminen mittausten jälkeen ei aiheuttanut samanlaista päänsäivää, kuin kartan kanssa puurtaminen. Vaikka maanmittausalan kirjallisuus on osoittautunut melko vähäiseksi, löytyy maastomalleista ja niihin liittyvistä asioista tietoa riittävästi.

Tietoa etsiessäni huomasin, että maastomallinnuksen perusteisiin olisi voinut tutustua jo ennen mittauksia. Mittauksia tehdessä sain kyllä tietoja ja apua mittauksiin liittyvistä kysymyksistä, mutta useista eri lähteistä jälkeen päin saadut tiedot ovat täydentäneet tietämystäni maastomallin tekoon liittyen. Mittauksia tehdessä heräsi välillä kysymyksiä miksi näin tehdään. Vastauksia kysymyksiin löytyi teoriaosuutta tehdessäni.

Kokonaisuutena opinnäytetyön tekeminen on ollut opettavaista ja samalla haastavaakin. Lähtötilanteeseen nähden olen oppinut paljon maastomallista, mutta olen myös huomannut, että opittavaa on vielä paljon. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kerätä tietopaketti maastomallin perusteista sekä mittauksissa yleisimmin käytettävistä kojeista ja mittaustavoista. Oma mittaustehtävä täydentää teoriasta kerättyä tietoa.

LÄHTEET

- 3D-system 2016. 3D-Win. Viitattu 4.4.2016 www.3d-system.fi/index.php/3d-win.
- Autodesk 2016a. About Autodesk. Viitattu 2.5.2016 http://www.autodesk.com/company?_ga=1.125355149.662867133.1439779857.
- Autodesk 2016b. What is DWG? Viitattu 3.5.2016 <http://www.autodesk.com/products/dwg>.
- JHS-suositukset 2008. JHS 153 ETRS89-järjestelmän mukaiset koordinaatit Suomessa. Viitattu 3.5.2016 <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS153/JHS153.pdf>.
- Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Julkaisusarja D nro 3. e-kirja. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Viitattu 16.3.2016 http://ka.ramk.fi/eJulkaisut/D3_Mittaus%20ja%20kartoitustekniikan%20perusteet/RAMK_D3_lowress.pdf.
- Leica Geosystems 2016a. Kulman ja etäisyyden mittaus (prismalla). Viitattu 16.3.2016 http://www.leica-geosystems.fi/fi/Leica-Viva-TS15_86883.htm.
- Leica Geosystems 2016b. PinPoint – etäisyysmittaus ilman prismaa. Viitattu 16.3.2016 http://www.leica-geosystems.fi/fi/Leica-Viva-TS15_86885.htm.
- Maanmittauslaitos 2016a. Ilmakuvaus. Viitattu 2.5.2016 <http://www.maanmittauslaitos.fi/kartat/tietoa-kartasta/ilmakuvaus>.
- Maanmittauslaitos 2016b. Satelliittimittaus eli GPS-mittaus. Viitattu 14.5.2016 <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaatti-korkeusjarjestelmat/etrs89-euref-fin/satelliittimittaus-eli-gps-mittaus>.
- Maanmittauslaitos 2016c. ETRS89 koordinaattijärjestelmä käyttöön. Viitattu 4.5.2016 http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/ETRS89koordinaattijarjestelma_kayttoon.pdf.
- M-Mies 2016. mMies. Viitattu 4.4.2016 www.mmies.fi/mmies/.
- Mäkinen, P. 2012. Mittamies-ohjelman käyttöönotto maanrakennusyrityksessä. Saimaan ammattikorkeakoulu. Infratekniikka. Opinnäytetyö. Viitattu 16.3.2016 https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/62800/Makinen_Panu.pdf?sequence=1.
- Ojala, J. 2011. Miehittämättömien ilma-alusten käyttö ilmakuvauksessa. Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Maanmittaustekniikka. Opinnäytetyö. Viitattu 4.5.2016 http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26549/Ojala_Jaska.pdf.
- Rantanen, P. 2007. Maastomittauksen perusteet. Vammala: Opetushallitus.

Ruohonen, S. 2007. Faro LS 800 -laserkeilain vapaan keilainaseman menetelmässä. Tampereen ammattikorkeakoulu. Yhdyskuntatekniikka. Opinnäytetyö. Viitattu 4.5.2016 <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9619/Ruohonen.Sanna.pdf?sequence=2>.

Salmenperä, H. 2003. Runko- ja kartoitusmittaukset. Tampere: Tampereen teknillinen Yliopisto.

SlideShare 2016. Cad-esittely. Viitattu 2.5.2016 <http://www.slideshare.net/LasseHome/cadesittely>.

Wikman 2004. Nykyaikaisen takymetrin anatomia. Maankäyttö 4/2004. Viitattu 2.5.2016 http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk404/mk404_75_wikman.pdf.