



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **mMestari- ja mMies-ohjelmistot mestarien ja mittamiesten tukena rakentamisessa**

Ohjelmistoihin tutustuminen

esimerkkien avulla

ja

kentän kehitysehdotukset

Pekka Vesa-Kangasniemi

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Rakennusalan työnjohto koulutus



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu

Rakennusalan työnjohdon koulutus

VESA-KANGASNIEMI PEKKA:

mMestari- ja mMies- ohjelmistot mestarien ja mittamiesten tukena rakentamisessa. Ohjelmistoihin tutustuminen esimerkkien avulla ja kentän kehittämisehdotukset

Opinnäytetyö 104 sivua, joista liitteitä 42 sivua

Toukokuu 2018

---

Tässä opinnäytetyössä keskitytään nykyisiin mittauslaitteisiin ja -ohjelmiin, niiden käyttöön, tiedostomuotoihin, ominaisuuksiin ja mahdollisuuksiin rakentamisen eri vaiheissa. Esimerkkeinä käytetään mestarille ja mittamiehelle tavanomaisia tehtäviä, joita he kohtaavat lähes päivittäin työssään. Opinnäytetyössä käsitellään lisäksi työnjohdolle tärkeää suunnittelutyötä, sopimustekniikkaa ja mittauksen laadunvalvontaa.

Rakennustyömaalla on avainasemassa aina ollut mittaus, kyky hahmottaa 2D-suunnitelmat 3D-muotoon eli kokonaisuuksiksi. Merkintöjä käyttämällä ohjataan rakentajat haluttuun lopputulokseen. Lopputuloksenhan tulee olla suunnittelijan luoma kokonaisuus, sen kaikkia hiottuja yksityiskohtia seuraava ja lainkirjainta noudattava taideteos. Tämän taideteoksen valmiiksi saattamiseen tarvitaan tarkka, matemaattisia lahjoja, fysiikan lakeja ja kekseliäisyyttä sekä luovuutta omaava mittamies.

1960- ja 1970-luku oli elementtirakentamisen aikakausi. Koordinaattimittauksesta alettiin kehittää.

80-luvun puolivälissä digitaalitekniikan kehittyessä cad-suunnitelmat yleistyivät. Mittausohjelmien kehittäminen ja valmistaminen oli alkanut.

2010-luvulla 2D -suunnittelu on muuttunut 3D -mallinnukseksi ja siitä edelleen tietomallinnus -suunnitteluksi. Mittakuvat tehdään mittausohjelmilla, mittaus suoritetaan robotilla, mutta yhä edelleen tuon tekniikan taustalla seisoo se ”mittamies”.

Opinnäytetyön visuaalisen ja teknisenpuolen on mahdollistanut M-Mies oy antamalla opinnäytetyön tekijälle käyttöön ohjelmien käyttölisenssit ja teknistä tukea. M-Mies oy toimii myös opinnäytetyön tilaajana.

Opinnäytetyön tekijä on tehnyt työssä esiintyvät kuvat, pois lukien logo ja pohjakuvat. Opinnäytetyön tekijä on myös laatinut kyselylomakkeen kysymykset, joiden vastauksia jokainen lukija saa itse tulkita.

---

Asiasanat: avainasema, koordinaattimittaus, käyttölisenssi, mittamies

## ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Site Management

PEKKA VESA-KANGASNIEMI:

mMestari- and mMies-programs as a support of supervisors and measurers in building. Familiarising programs by using examples and development suggestions from the field.

Bachelor's thesis 100 pages, appendices 42 pages  
May 2018

---

This final thesis concentrates on measuring instruments and measuring programs of today and usage, file formats, features and possibilities of those, in different stages of building. Common daily tasks of supervisors and measurer are used as an example. In addition, this thesis focuses on planning, contracting techniques and quality control of measuring, which are important issues for supervisors.

In the construction site, the key factor has always been measuring, and ability to perceive 2D –designs in 3D –format, in entities. By using markings, constructors are led to desired result. The end result has to be entity created by the designer, work of art which follows all the elaborate details and the law. To complete this work of art, measurer is needed - measurer who is precise, inventive and creative as well as has mathematical skills and is familiar with laws of physics.

1960's and 1970's were element building era. Development of coordinate measuring was started.

In the middle of 1980's, when digital technique was developing, cad-designing became more common. Development of a measuring programs was started.

In 2010's 2D designing has changed to 3D –modeling, and further from that, to data modeling design. Measuring drawings are done by measuring programs, measuring is done by robots, but still behind of this technique, there is always the “measure man”.

M-Mies Oy has made possible the visual and technical side of this final thesis, by giving the user licenses and technical support. M-Mies Oy is also the subscriber of this thesis.

The writer of this final thesis has done all the pictures in this thesis, excluding logo and ground plans, and made the questions in the questionnaire. The answers of the questionnaire can be evaluated by the readers.

---

Key words: key role, positioning, operating license, measure man

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	M-MIES OY .....	9
2.1	M-Mies oy:n toiminnan visio .....	9
3	mMESTARI OHJELMA, SÄHKÖISTEN KUVIEN KÄSITTELYYN .....	10
3.1	Mikä on sähköinen kuva?.....	10
3.1.1	Millainen on sähköinen kuva?.....	22
4	mMESTARIN TOIMINTA JA KÄYTÖN OPPIMINEN.....	13
4.1	Oppimistasot .....	13
4.11	Aloittelija .....	13
4.12	Perusosaaja.....	13
4.13	Asiantuntija .....	13
4.14	Täysammattilainen .....	14
5	SÄHKÖINEN KUVA VS. PAPERIKUVA.....	16
5.1	Tehtävänä määrälaskenta sähköisestä kuvasta ja paperikuvasta .....	16
6	VIIKOITTAINEN, PÄIVITETTÄVÄ TYÖMAA-ALUESUUNNITELMA.....	19
7	TYÖMAAN VAIHEET JA ETENEMISEN SUUNNITTELU.....	22
7.1	Esimerkki: Kerrostalon anturoiden muotti, rauditus ja valutyö... ..	22
7.11	Ennakkosuunnittelu.....	22
7.12	Muottikierron laskenta ja muottisuunnittelu .....	25
8	OSA- JA TYÖKUVIEN KÄYTTÖ TYÖMAALLA.....	28
8.1	Keittiökalusteille suunnitellun tilan mitoittaminen .....	28
8.2	Valumuotin valmistaminen työkuvan pohjalta.....	29
9	MITTAUKSEN HISTORIAA LYHYESTI.....	31
10	mMIES OHJELMA, MITTAUS- JA SIJAINITIEDON POIMINTAAN JA KÄYTTÄMISEEN.....	34
11	YLEISTÄ ASIAA MITTAAMISESTA .....	36
11.1	Perinteisten mittaustapojen ongelmia.....	36
11.2	Nykyaikaiset ohjausmittaukset.....	37
12	MITTAUSTYÖN VALMISTELU .....	38
12.1	Mittaustyön, aloittavat tehtävät .....	38
12.2	Mittaustyö kulku .....	39
12.21	Orientointi .....	46
12.22	Merkintä ja merkinnän tallennus.....	46
12.23	Suoritetun mittaustyön laadunvarmistaminen.....	47
13	HELMERT-MUUNNOS .....	48

14	TARKEMITTAUS.....	49
15	KENTÄN KEHITTÄMISEHDOTUKSIA OHJELMILLE.....	52
15.1	Kentällä kuultuja kehittämisehdotuksia .....	52
15.11	Tabletti -versio M-Mestarista.....	52
15.12	Esivalmisteltua taulukkolaskentaa .....	53
12.22	Esivalmisteltuja lomakkeita mittaustöille .....	53
16	KYSELYTUTKIMUS MMESTARI JA MMIES OHJELMISTA .....	55
16.1	Kyselytutkimuksen vastausten purkaminen .....	55
17	POHDINTA.....	62
	LÄHTEET .....	65
	LIITTEET .....	66
	Liite 1. Työmaa-aluesuunnitelma .....	67
	Liite 2. Mittaustyön tehtäväsuunnitelma .....	68
	Liite 3. Malli tiedostokansioiden hallinnasta .....	79
	Liite 4. Tarkemittauksen taulukkolaskenta ja kuvantaminen .....	90
	Liite 5. ”Työlista” mallilomake mittaustyölle .....	93
	Liite 6. Helmert-muunnos .....	96
	Liite 7. Avataan lisää gt-formaattia.....	102

## ERITYISSANASTO

Helmert-muunnos	muunnosmenetelmä kolmiulotteisessa tilassa
orientointi	suuntaaminen
konsultti	asiantunteva neuvonantaja
visio	näky, harhanäky, tulevaisuuden suunnitelma
xref-alusta	vertailu- ja tarkistus alusta
moduuliverkko	rakennusten ja rakennusosien mittajärjestely
tiedostoformaatti	tiedostomuoto
2D-kuva	kaksi ulottuvuutta (X ja Y) sisältävä kuva
3D-kuva	kolme ulottuvuutta (X, Y, Z) sisältävä kuva
TR-mittaus	työturvallisuuden havainnointimenetelmä
havainnekuva	perspektiivi-kuvitus vallitsevaan ympäristöön
logo	kokonaisen merkitysisällön ilmaiseva merkki
muottikierto	suunnitelma muottien käytöstä
RAM	rakennus ammattimies
RM	rakennusmies
tj.	työnjohtaja
tarke	mittaamalla todennettu, todellinen sijainti
toteuma	toteutunut mittapiste
toleranssi	sallittu poikkeama
revisio	muutos, muunneltu
reklamaatio	ilmoitus tuotteen virheellisyydestä

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena, on suomessa valmistettujen mittausohjelman ja määrälaskentaohjelman esittelyt sekä käsittelyn esimerkkejä, joita rakennusalan työnjohtaja ja mittamies kohtaa päivittäisessä työssä.

Alkuun kuitenkin esitellään yritys, joka on ohjelmien taustalla ja tehnyt uraa uurtavaa työtä, mittaukseen liittyvien ohjelmien, mittaustekniikoiden sekä niihin liittyvien koulutusten aloilla.

Ensimmäisessä osiossa käsitellään määrälaskentaohjelmaa, mikä kantaa nimeä mMestari, ohjelma kehitettiin työkaluksi työnjohtajille, joiden tehtäväkuvana rakennushankkeissa ovat määrä- ja massalaskenta, tilausten valmistelu, viikkoaikataulutus, työ- ja osakuvien toteutus sekä sähköisen kuvan ja tiedonsiirron hallinta. Tässä osiossa vertaillaan myös sähköisen- ja paperikuvan eroja, niiden antaman informaation määrää ja arkistoinnin vaatimaa tilaa. Pureudutaan rakennusalalla, syntyvään suureen materiaalihukkaan, jota voidaan pienentää tarkemmin tehdyllä määrälaskennalla. Esitellään uusi tapa luoda ja päivittää, usein päivittäinkin muuntuvaa työmaa-aluesuunnitelmaa. Osion lopussa tarkastetaan ja lisätään suunnitelmiin mittatietoa, joka on iso ongelma työmailla, joissa käytetään paperisia- tai pdf-muotoisia suunnitelmia työn toteuttamisessa.

Toisessa osiossa otetaan tarkasteltavaksi mittausohjelma, nimeltään mMies. Aloitetaan tarkastelu pienellä palalla historiaa, jolloin tehtiin suunnitelmia papyruskaislasta valmistetulle, paperia muistuttavalle materiaalille. Jo silloin ymmärrettiin, ettei suunnittelua voida tehdä suhteella yhden suhde yhteen, vaan mitat oli suhteutettava silloisiin mittayksiköihin, kalliin papyruksen säästämiseksi. Uskotaan, että tuolloin mittaustekniikka on syntynyt ja sitä suoritettiin nykyisten mittalaitteiden esihistoriallisilla versioilla.

Pian palataan kuitenkin 2000-luvulle, tarkastelemalla nykyisiä mittalaitteistoja ja niiden vaatimaa mMies mittausohjelmaa. Mihin nykyinen mittaaminen perustuu, miksi tarvitsee mitata ja verrataan mittaustapoja sekä mitkä ovat mittauksessa tapahtuvia yleisimpiä virheitä. Tämän jälkeen aloitetaan varsinainen perus-mittaustyö mittausohjelman avulla, mutta eniten keskitytään mittausohjelmaan ja sen suomiin mahdollisuuksiin. Osion lopuksi tehdään tehtäväsuunnitelma todellisesta kohteesta sekä kerrotaan ”kentän” kehittämis ehdotuksista mMestari- ja mMies ohjelmille.

Kolmannessa osiossa tutustutaan opinnäytetyön tekijän laatimaan kyselytutkimukseen, johon osallistui Tampereen ammattikorkeakoulusta, rakennusalan työnjohtokoulutuksen vuosikurssit 15 ARM 441 ja 17 ARM sekä Tampereen rakennusmestariyhdistyksen jäsenet.

Opinnäytetyössä pohjana käytetään Arkkitehtitoimisto Ahonen & Kangasvieri oy:n suunnittelemaa kahta kuusikerroksista asuinkerrostaloa, joissa huoneistoja on yhteensä 84 kpl:tta.

Rakennesuunnittelusta on vastannut Rakennesuunnittelutoimisto PL, suunnittelijana Pekka Lehtinen.

Kohteet ovat TA-Asumisoikeus Piiponraitti 4, missä rakennuttajana toimii TA-Asumisoikeus oy (40 huoneistoa) ja vuokratalo Tikankolo ja rakennuttajana toimii Rakennuttajat Arkta oy (44 huoneistoa), molemmat rakennukset sijaitsevat Lempäälässä, osoitteissa Piiponraitti 4 – 6.

Molemmissa kohteissa pääurakoitsijana toimii Rakennustoimisto Arkta oy.



## 2 M-Mies oy

M-Mies oy on perustettu vuonna 1993, jonka toimialana on tuotanto-, mittaus- ja tietojärjestelmien kehittäminen, koulutus ja konsultointi, kauppa, vienti ja tuonti sekä omistaa ja hallita kiinteää omaisuutta ja arvopapereita.

Yrityksen kotipaikkana toimii Turku ja perustajana Kari Tukia yrityksen toimitusjohtaja. Koulutukseltaan Tukia on rakennusinsinööri

Yrityksen tuotekehityspäällikkönä toimi Sami Tainio joka vastaa nykyisin myös myynnistä ja ohjelmisto tuesta. Koulutukseltaan Tainio on filosofian ylioppilas.

Nykyisin tuotekehityksestä Teemu Honkasalo.

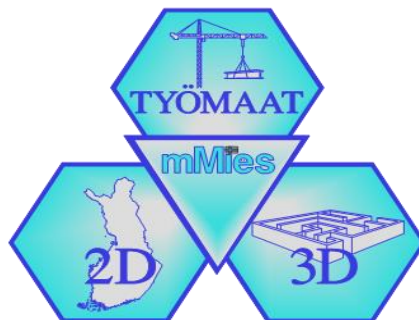
Yrityksenä M-Mies oy on ensimmäinen rakennusalan ohjelmistokehittäjä sekä -kouluttaja Suomessa, joka toimii osana mittamiesten ammatti -ja erikoisammattitutkintoihin tähtäävissä opinnoissa. Yritys on kouluttanut yhteistyössä rakennusliiton ja aikuiskoulutuskeskusten kanssa useita rakennusalan mittamiehiä, luovuttamalla opiskelijoille käyttöön opiskelijalisenssejä ja antamalla tarvittavaa ohjelmistotukea.

### 2.1 M-Mies oy:n toiminnan visio

Yrityksen visiona on tuottaa ja kehittää, digitalisoituvalla rakennuslalle edullisia, helpokäyttöisiä, suomenkielisiä ja ennen kaikkea tuottavuutta parantavia ohjelmistoja, joiden käyttö työmaa-olosuhteissa on helppo toteuttaa.

**” Säästät aikaasi, rahojasi ja hermojasi. Eniten hyödyt kuitenkin tarkkuudesta, kun onnistut kerralla, ei tarvitse korjailla tai tehdä uudelleen”.**

(lainaus: <https://www.mmies.fi/yhteystiedot/>)



Kuva 1. M-Mies oy:n logo

### 3 M-Mestari ohjelma, sähköisten kuvien käsittelyyn

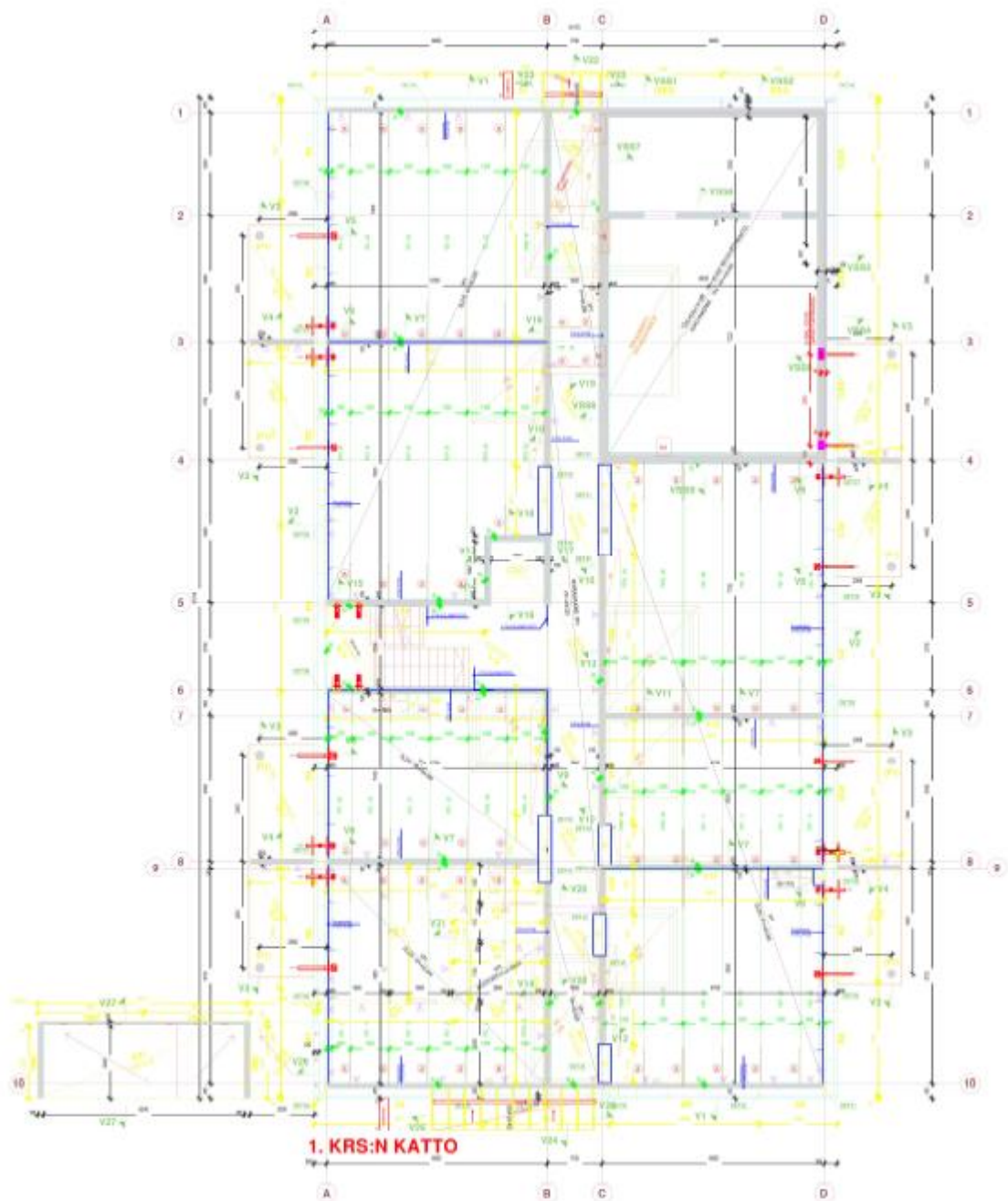
#### 3.1 Mikä on sähköinen kuva?

Tässä opinnäytetyössä käytetään termiä *sähköinen kuva* kaikista tietokoneavusteisista piirtämisen muodoista, oli se sitten CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAE (Computer Aided Engineering), ym., mutta erotellaan käytettävät tiedostomuodot, joita voivat olla **dwg** (drawing)-, **dxf** (drawing interchange, drawing exchange)-, **ifc** (industry foundation classes)-, **pdf** (portable document format)-, **png** (portable network graphics)-, **vdml** (vectordraw drawing)-, **vdf** (vectordraw developer framework)-, **tif** (tag image file format)-, **gif** (graphics interchange format)-, ja **jpeg** (joint photographic experts group)- tiedostot, mitkä ovat ohjelman tukemia tiedostomuotoja. Lisäksi mMies ohjelma tukee takymetri valmistajien käyttämiä tiedostoformaatteja, kuten **gt** (Yleinen suomalainen maanmittauksessa käytettävä tiedonsiirtoformaatti) ja **csv** (Comma Separated Values), mutta myös vanhempia tiedostoformaatteja käyttäviä laitteita, kuten Geodimeter, Leica ja Sokkia. Enemmän gt- formaatista liitteessä 7.

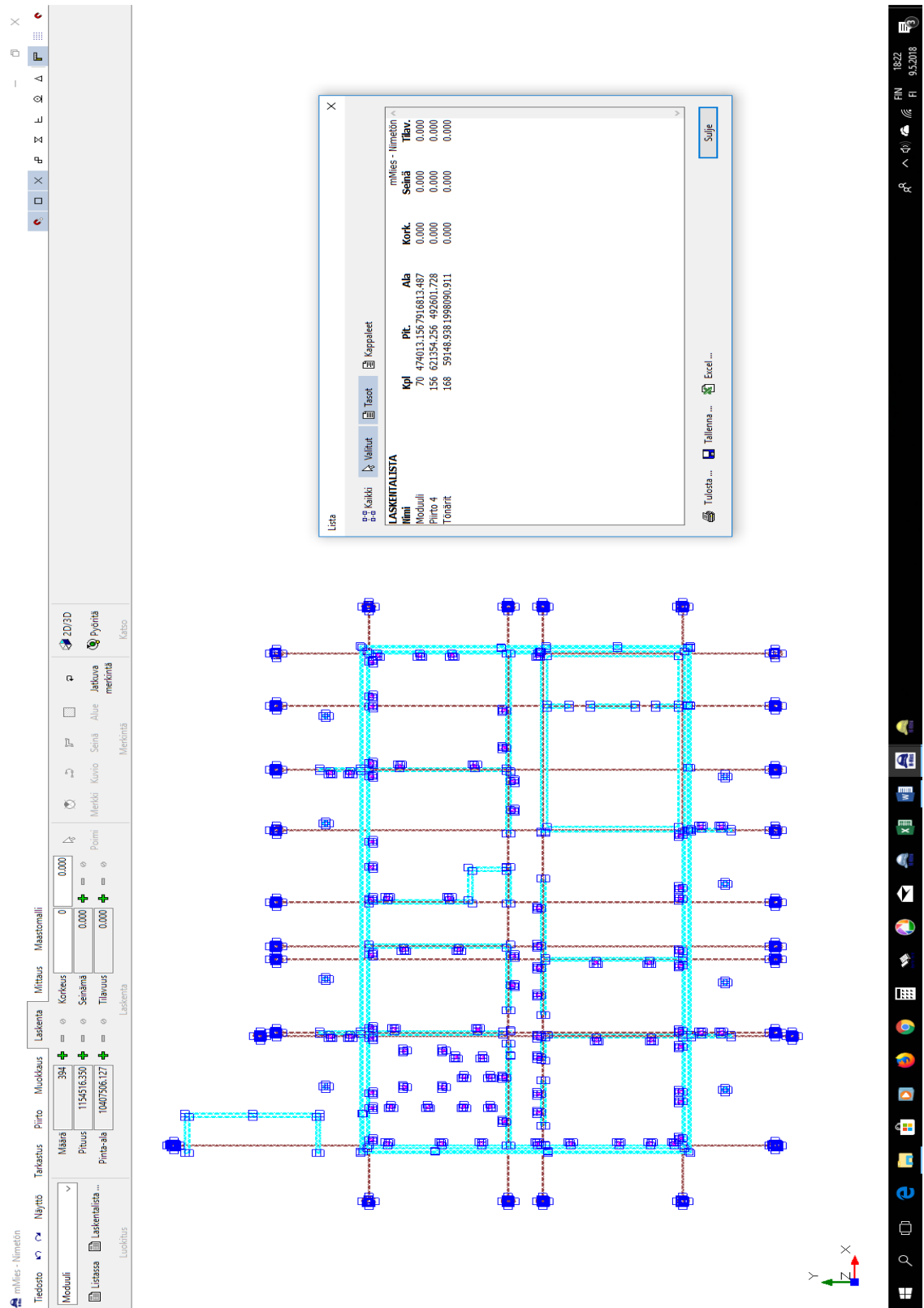
#### 3.11 Millainen on sähköinen kuva?

Sähköisen kuvan antama informaatio on valtava, koska siinä voidaan esittää lähes kaikki suunnitelmat samassa kuvassa. Suunnitelmasta voidaan valmistaa xref-alusta, jota pääsuunnittelija hallitsee koko rakennushankkeen ajan. Muut erikoisalojen suunnittelijat käyttävät alustaa pohjana omalle suunnittelulle, jolloin suunnittelijat pysyvät ajan tasalla hankkeessa mahdollisesti tehtävistä muutoksista ja voivat reagoida muutoksiin reaaliaikaisesti. Xref-alusta mahdollistaa kokonaisuuden luomisen suunnittelussa, joka on suotavaa antaa käyttöön, myös mittaustyötä tekeväälle henkilölle tai mittaustyönjohtajalle. Yhteen sähköiseen kuvaan voidaan sisällyttää informaatiota, maanrakennus-, rakennus-, rakenne-, piha- ja pihantasaus suunnitelmista. Moduuliverkko varmistaa sen, että myös eritysalojen suunnitelmia, kuten LVIAS-suunnitelmat voidaan kohdistaa keskenään ja varmistua niiden asemoinnista, jolloin päällekkäisyyteen ei ole mahdollisuutta. Seuraavassa (kuva 2) nähdään rakennesuunnitelma, mihin on saatu mahtumaan kaikki oleellinen elementtiasennuksen kannalta. Kuva sisältää yhteensä 28 erilaista tasoa (layer), joita kaikki voidaan tarkastella yhdessä tai tarvittaessa kutakin erikseen. Tasot mahdollistaa helpon kappale-, pinta-ala- ja mittalaskennan, joka on yksi mMestari ohjelman mahdollistamista ominaisuuksista. Toisaalta samasta sähköisestä kuvasta valitsemalla

piirto 4, moduulit ja elementtituet, saadaan aikaiseksi (kuva 3) S ja V-elementtien ase-  
mointi suhteessa moduuleihin ja elementtitukien sijainti ja lukumäärä.



Kuva 2: 1. krs katto, As Oy Tikankolo (lähde: Rakennesuunnittelutoimisto  
PL, suunnittelija Pekka Lehtinen DI)



Kuva 3: 1. krs katto, As Oy Tikankolo (lähde: Rakennesuunnittelutoimisto PL, suunnittelija Pekka Lehtinen DI)

## 4 mMestarin toiminta ja käytön oppiminen

mMestari on dwg-pohjainen ohjelma, mikä on suunnattu rakennusalan työnjohdolle, tarjouslaskijoille ja määrälaskijoille, joka toimii Windows -käyttöliittymän tapaan. Ohjelmasta on saatavilla omatoimiselle opiskelijalle, erinomainen suomenkielinen oppikirja painettuna ja pdf-tiedostona, ilmainen tutustumislisenssi sekä maksullisia M-Mies oy:n järjestämiä koulutuspäiviä. Käyttäjäystävälliset pikanäppäimet ovat selkeillä symboleilla merkittyjä sekä kohdistimella osoitettaessa tulee suomenkielinen ilmoitus toiminnosta. Toiminnoista laajempi kerronta ei liene tarpeellista, koska kyseessä on opinnäyte-työ, eikä käyttäjäopas.

Käyttäjien oppimistasot on jaettu neljään tiedonportaaseen, aloittelija, perusosaaja, asiantuntija ja täysammattilainen, joista kerrotaan seuraavassa.

### 4.1 Oppimistasot

#### 4.11 Aloittelija

Aloittelijalla on valmius sähköisen kuvan ja mittojen tutkimiseen. (1) Hallitsee työkuvan avauksen, tuntee ohjelman ulkoasun ja alkutoimet, kuten mallinnustilan, kuvan lukitsemisen ja mittayksikön asettamisen. (2) Oman työkuvan tallentamisen ja tallennusmuodon valinnan. (3) Työkuvan yksityiskohtien tarkastelun ja koko- ja osakuvan käytön. Voidaan siis ottaa työmaalla sähköiset kuvat käyttöön.

#### 4.12 Perusosaaja

Valmius sähköisten työkuviin käsittelyyn ja täydentämiseen. (1) Sähköisten mappien käsittely onnistuu yritystasolla (kaikilla yrityksillä on oma käytäntönsä) (2) Hallitsee kuvataso ja näkymät. (3) Pystyy lisäämään mittatietoa ja kommenttitekstejä. (4) Osaa suorittaa kuvan ja sen osien tulostamisen, piirrosmerkintöjen lisäämisen ja muokkaamisen, tietojen lajittelun ja kuvan keventämisen sekä muokata viivan murtoviivaksi. Kuvien käsittely on rutiinia.

#### 4.13 Asiantuntija

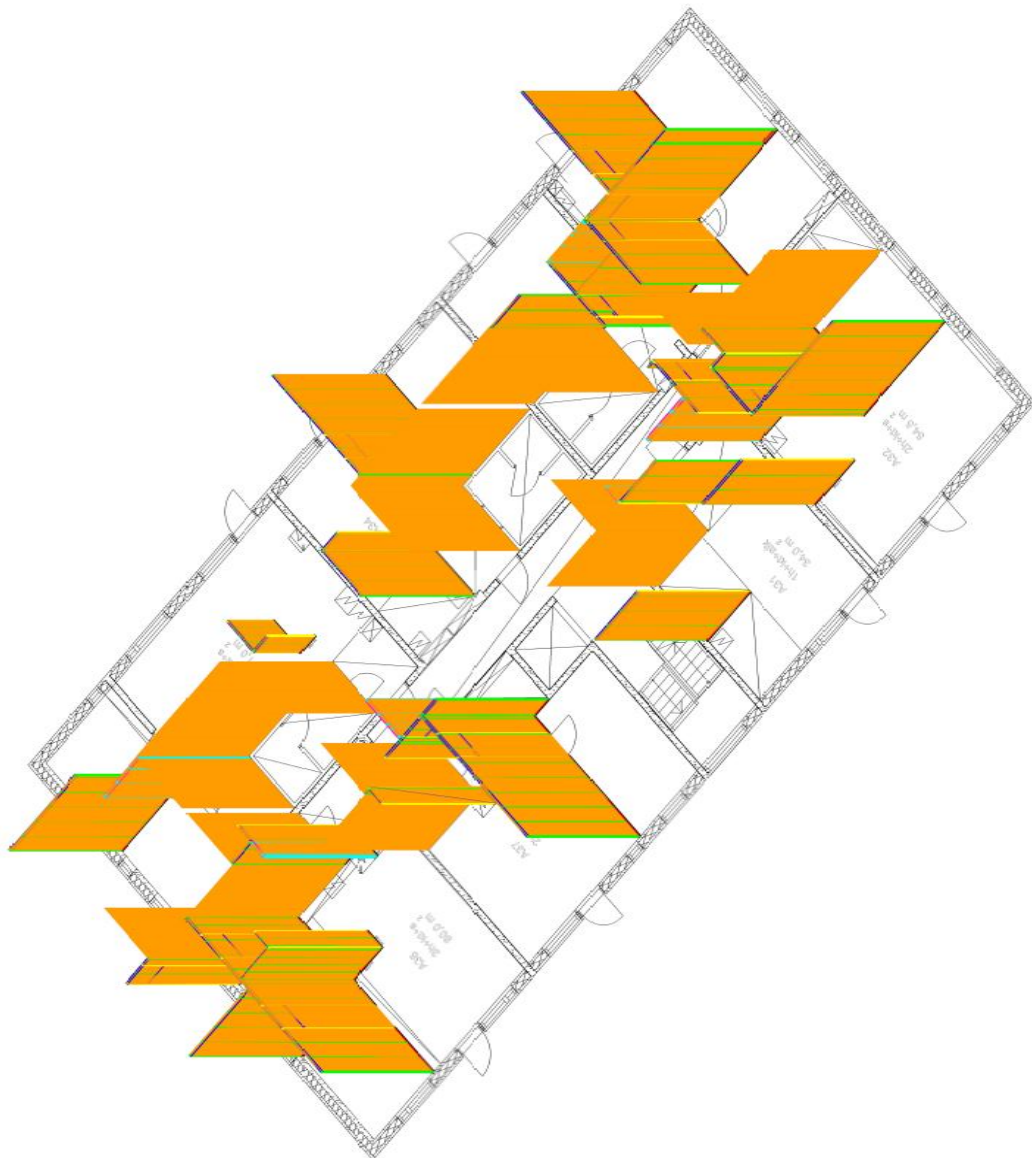
On valmius 3D-kuvan tarkasteluun ja määrälaskentaan. (1) Pystyy käyttämään määrälaskinta oikeaoppisesti ja siirtämään määräluettelot taulukkolaskentaan, jota

on täydennetty kustannus- tai aikataulutiedoilla. (2) Hallitsee 2D- suunnitelman muuttamisen 3D- suunnitelmaksi. Hallitsee laskennan ja mallinnuksen. Kuva 4.

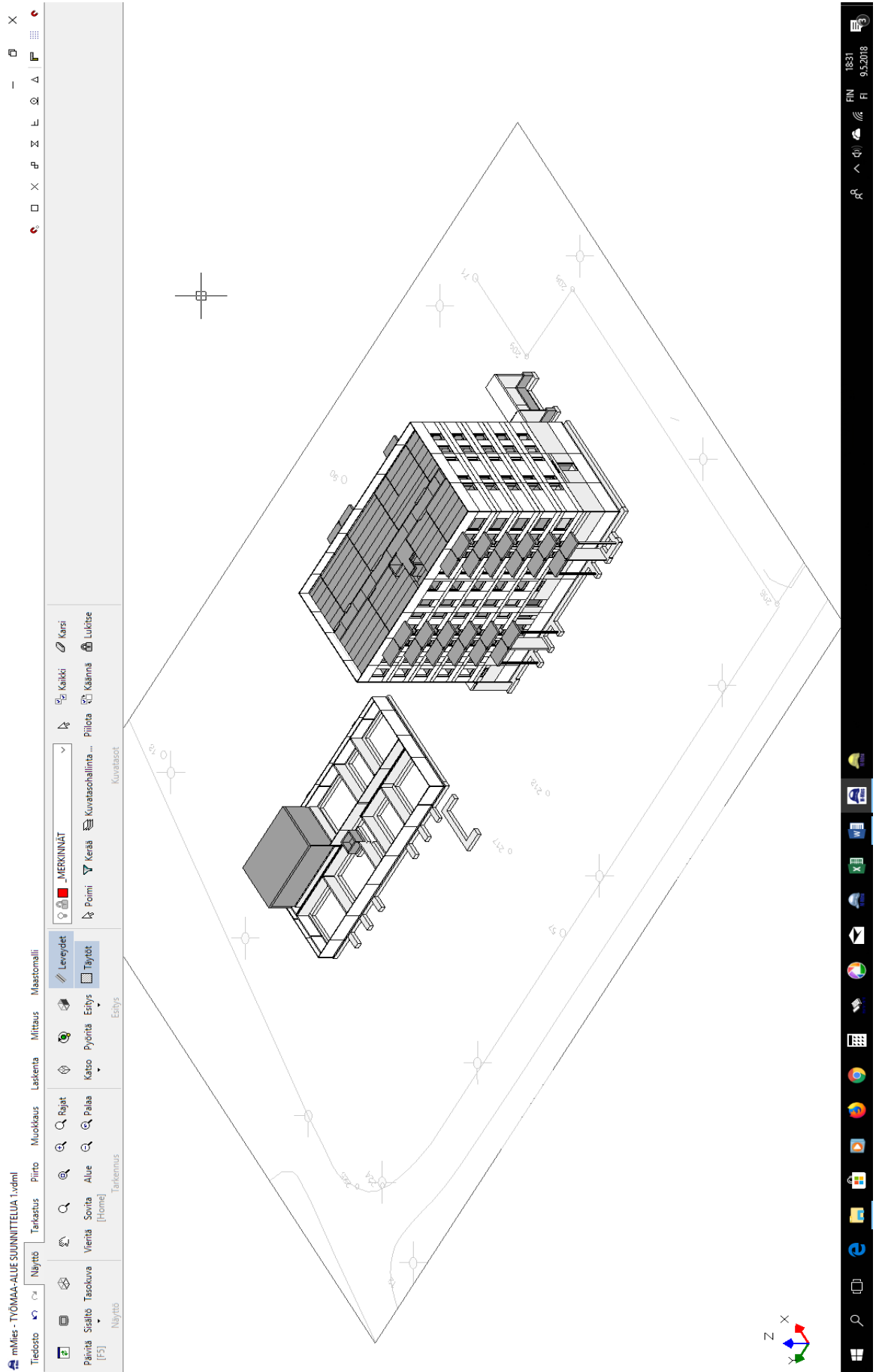
#### 4.14 Täysammattilainen

Valmis tekemään työmaasuunnitelmia, vertailemaan muutoksia, liittämään kuviin valokuva- ja muuta tietoa. Valmius tehdä työvaiheesta havainnekuvia ja hallitsee ohjelman ominaisuustietoja. Pystyy suorittamaan ohjelman tukitoimintaan. Kuva 5.

Tämä kaikki on mahdollista oppikirjan ja ahkeran harjoittelun avulla.



Kuva 4. Työvaihekuva väliseinä työstä



Kuva 5. Työvaihekuva ja 3D- mallinnus

## 5 Sähköinen kuva vs. paperi kuva

Otetaan vertailuun paperi- ja sähköinen kuva. Sähköinen kuva voidaan tulostaa paperiversioksi halutuilla tiedoilla, esimerkiksi mittatiedolla. Mittatiedothan määrittää useasti suunnittelija (mikäli mittakuvat ovat toimeksiannossa mukana). Mittajanoja tehdään yleensä neljä, joista kaksi vertikaalisesti ja kaksi horisontaalisesti. Mittajانات sijoitetaan mahdollisimman avoimelle paikalle suunnitelmaa, jolloin ne ovat selkeimmin luettavissa. Mittaus suoritetaan jatkuvalla mittauksella (continue measure), keräämällä tärkeimmät mittapisteet kaikille neljälle janalle. Tätä menetelmää käytettäessä mittajana, muodostuu joskus hyvinkin kauas mittapisteestä. Tulostettaessa mittakuvaa suhteessa 1:50 paperille ja mikäli kyseessä on leikkimökkiä suurempi rakennus, syntyy suuria vaikeuksia määrittää mittapisteitä kuvasta. Yleisesti mitoituksen vaihtoehtoina, on mitoittaa esimerkiksi kevyet väliseinät valmiiseen levypintaan, runkopintaan tai keskelle väliseinää moduulimitoituksen tapaan. Lisäksi mittapiste saattaa sijaita hyvinkin kaukana mittaviivasta, jolloin tarvitaan erittäin hyvää linjaustaitoa mittapisteen selville saamiseksi, tällainen linjaus työmaaolosuhteissa, on harvoin mahdollista. Mikäli mittapiste linjaamalla kuitenkin löydetään, vielä jää mittausvirhe mahdollisuutta, yleisesti käytetyn väliseinärakenteen (92 mm) osalle 0 – 46 mm. Mittausvirheen mahdollisuus on suuri, koska yleisimmin mittaus-tarkkuus rakentamisessa on  $\pm 3$  mm.

Tällaista virhettä sähköisen kuvan kanssa ei pääse tapahtumaan, koska zoomaamalla kuvaa, pääsee mittauspisteen kohdentamaan hyvin tarkkaan ja mittajanan saa tehtyä halua- maansa kohtaan suunnitelmaa.

### 5.1 Määrälaskenta sähköisestä kuvasta ja paperikuvasta

Vertaillaan määrälaskennan suorittamista sähköinen kuva vs. paperikuva. Valitaan laskettavaksi, johdannossa esitetyn kohteen (vuokratalo Tikankolo) väliseinien runkorakenteiden määrälaskenta kerroksille 2 - 4, jotka ovat hyvin tyypillisiä työmaan hankintoja ja työnjohdon laskentatehtäviä. Runkorakenne muodostuu seuraavista osista:

VS 2, metalliranka 40 x 66 x 3000, C-kiskot 35 x 66 x 3000 ja 50 x 66 x 3000 sekä lisäksi rungon jäykistämiseksi kertopuu 40 x 66 x 2700, joita sijoitetaan oviaukkoihin, väliseinä nurkkiin sekä päättyviin väliseiniin.

VS 3, metalliranka 40 x 92 x 3000, C-kiskot 35 x 92 x 3000, tämä väliseinä toimi huoneistojen, upotettavan ryhmäkeskuksen seinänä.











Tehtävä suoritettiin, kahden samanlaisen kokemuksen omaavien työnjohtajien kesken. Työnjohtaja 1, suoritti tehtävän paperisista suunnitelmista, jossa mittasuhte 1:50, käyttäen apuvälineinään suhdetikku, laskin ja taulukkolaskentasovellus.

Työnjohtaja 2, vastaavasti sähköisistä suunnitelmista, käyttäen apuvälineinään mMestari ohjelmaa ja taulukkolaskentasovellusta.

Työnjohtaja 1:n laskemiseen käyttämä aika n. kuusi tuntia ja materiaalmäärät seuraavat:

## YHTEENVETO 2. - 4. krs

### " KAUPPALISTA "









	<i>pituus/kpl</i>	<i>leveys/kpl</i>	<i>kor- keus/kpl</i>			
<i>Alakisko 66</i>	3000	66	50	<b>38</b>	kpl	
<i>Alakisko 95</i>	3000	95	50	<b>15</b>	kpl	
<i>Kertopuu</i>	2700	66	40	<b>21</b>	kpl	
<i>levy</i>					kpl	
<i>Ranka 66</i>	3000	66	40	<b>186</b>	kpl	
<i>Ranka 95</i>	3000	95	40	<b>52</b>	kpl	
<i>Yläkisko 66</i>	3000	66	35	<b>42</b>	kpl	
<i>Yläkisko 95</i>	3000	95	35	<b>15</b>	kpl	

Taulukko 1. Työnjohtaja 1:n ”kauppalista”

Työnjohtaja 2:n laskemiseen käyttämä aika n. kolme ja puoli tuntia ja materiaalmäärät seuraavat:

## YHTEENVETO 2. - 4. krs

### " KAUPPALISTA "

	<i>pituus/kpl</i>	<i>leveys/kpl</i>	<i>kor- keus/kpl</i>			
<i>Alakisko 66</i>	3000	66	50	<b>31</b>	kpl	
<i>Alakisko 95</i>	3000	95	50	<b>7</b>	kpl	
<i>Kertopuu</i>	2700	66	40	<b>54</b>	kpl	
<i>levy</i>	2630	1200	13	<b>162</b>	kpl	
<i>Ranka 66</i>	3000	66	40	<b>141</b>	kpl	
<i>Ranka 95</i>	3000	95	40	<b>39</b>	kpl	
<i>Yläkisko 66</i>	3000	66	35	<b>31</b>	kpl	
<i>Yläkisko 95</i>	3000	95	35	<b>8</b>	kpl	

Taulukko 2. Työnjohtaja 2:n ”kauppalista”

Todettakoon, että työnjohtaja 2:n materiaalilaskennassa ylijäämää syntyi n. 2 %, jolloin sen määrä oli verrattain pieni. Sen sijaan työnjohtaja 2:n materiaalilaskennan ylijäämänä oli keskimäärin 34 %, laskenta-aika 2,5 tuntia enemmän ja kertopuuta olisi tarvittu 33 kpl:tta enemmän. Laskennallinen tuotantosäästö mMestari ohjelmaa käyttämällä, saatiin euromääräisesti näyttämään työnsalta 105,00 € ja materiaalien osalta 185,50 €, eli yhteensä 290,50 €, ohjelman hyväksi.

Edellisessä huomioitiin ainoastaan suorat kulut, mutta ei välillisiä kuluja, joita muodostuu materiaalien siirroista, jotka muodostuvat verrattain suuriksi, koska ylimääräinen materiaali pitää kuljettaa rakennukseen ja rakennuksesta pois sekä varastoida väliaikaisesti. Varastointi vaatii tiloja, joita järjestettäessä aiheutuu jälleen lisäkuluja. Pahimmassa tapauksessa ylijäämä materiaali viedään roskalavalle, joten siitä maksetaan jätemaksua ja materiaaliin sidottu pääoma menetetään.

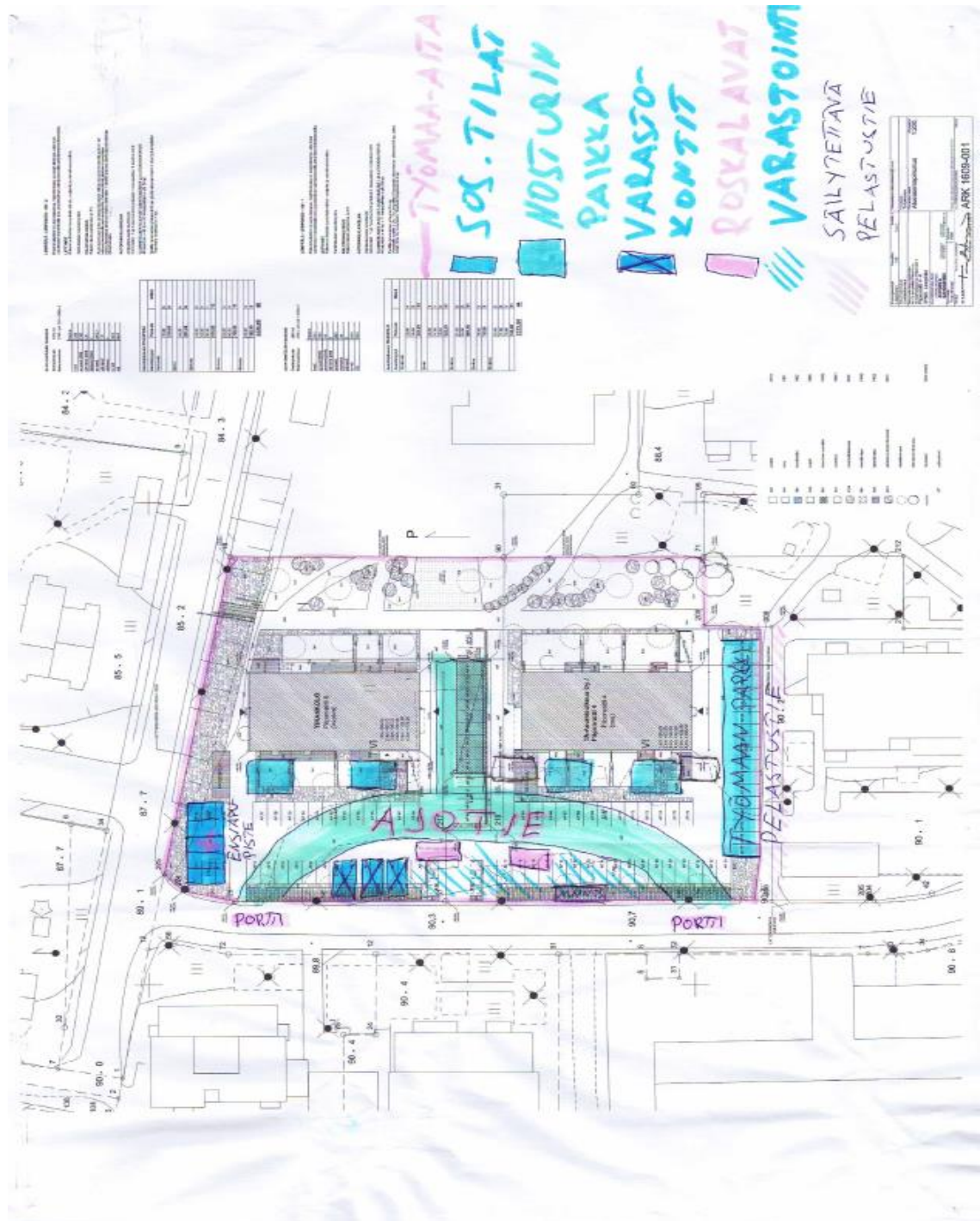
## 6 Viikoittain päivitettävä työmaa-alue suunnitelma

Työmaa-alue suunnitelma on pakollinen jokaisella työmaalla, sen tarkoituksena on palvella kaikkia työmaalle saapuvia, niin työntekijöitä kuin työkone- ja työmaaliikennettä, turvalliseen ja tapaturmattomaan liikkumiseen alueella. Hyvän alue suunnitelman tulisi osoittaa työmaan käyttäjille ensisijaisesti turvalliset kulkureitit, autopaikkojen-, sosiaali-tilojen-, varastojen- ja varastointialueiden-, kaivantojen-, mobiili- ja torninosturien-, ensiapupisteiden- ja elementtivarastoinnin sijainnit työmaalla. Lisäksi alue suunnitelmasta tulee ilmetä työmaan hätänumero, osoitetiedot, sijaintikoordinaatit, kokoontumisalue hätätilanteissa, työmaasähköistyksen päävarokkeiden ja -kytkimen sekä ympäristölle vaarallisten aineiden sijainnit. Työmaan alue suunnitelman päivittäminen tulee tehdä viikoittain tai aina, kun työturvallisuustilanne oleellisesti muuttuu. Tämä työ kuuluu yleisesti työmaan työnjohdolle ja heidän velvollisuuksiin tulee huolehtia sen suorittamisesta.

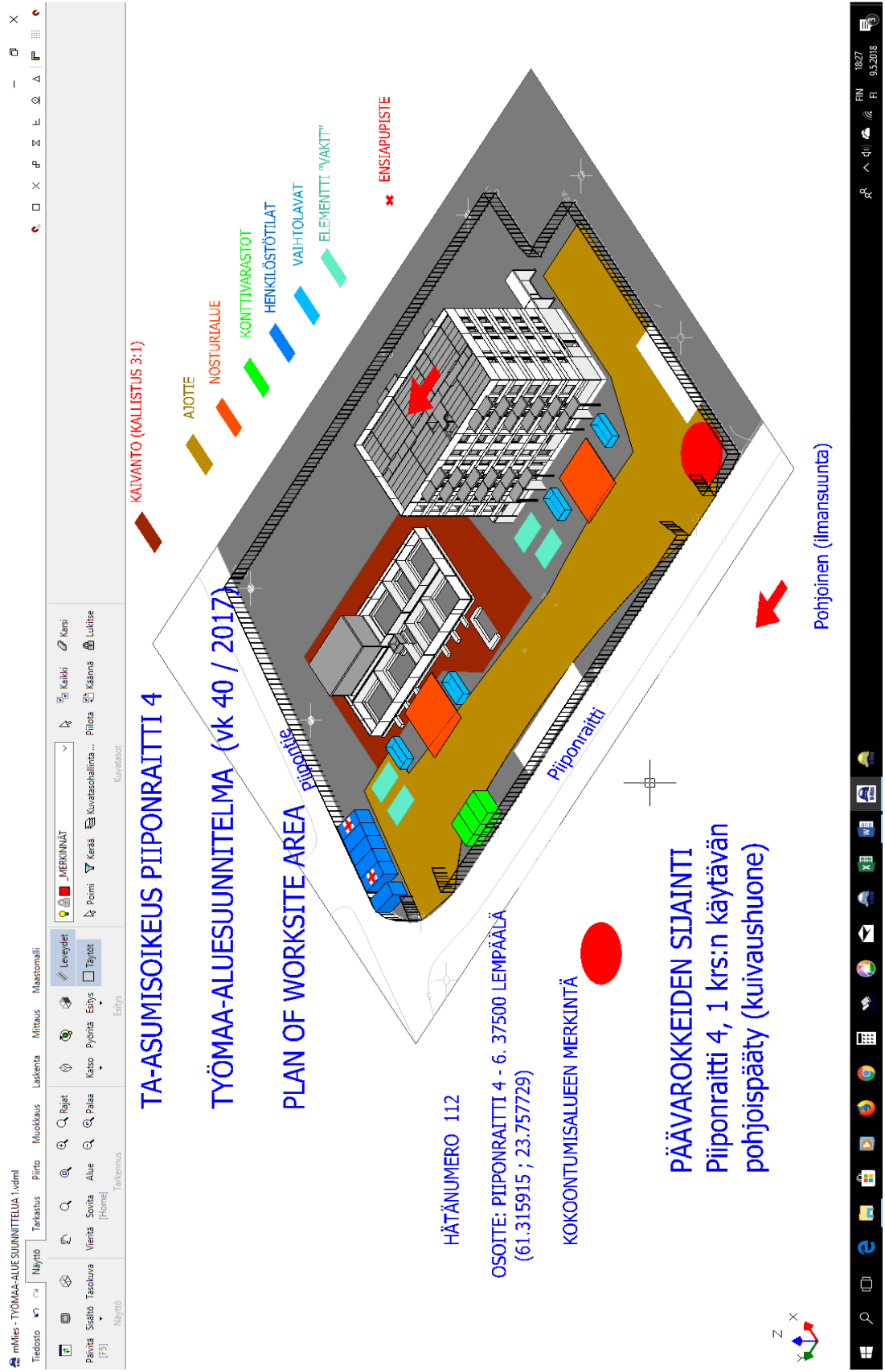
Ylivoimaisesti suurin osa työmaista, tekee työmaa-alue suunnitelman asemapiirustusta kopioimalla ja piirtää ja suunnittelee sen tussia ja korostuskynää käyttäen. Ja mikä pahinta, tehtävä suoritetaan ainoastaan kerran hankkeen aikana ja se tapahtuu työmaan alkuvaiheessa, jolloin kuvaa tarvitaan rakennusvirastolle esiteltäväksi. (kuva 6).

Mietittiin työmaa-alue suunnitelmaa, jossa käytettäisiin mMestari ohjelman 3D-mallinusta. Monelle ammattilaisellekin tuottaa vaikeuksia ymmärtää 2D kuvaa, eli tasokuvaa ensinäkemältä. Joten päätettiin tehdä alue suunnitelma, joka olisi lähempänä valokuvaa ja siten sellaistenkin henkilöiden ymmärrettävissä, joilla ei taitoa tai koulutusta tasokuvien lukemiseen (kuva 7). Kuva 7, ei ole täydellinen, mutta mahdollisimman täydellisenä ja A3 kokoisena, tavalla jolla ne useimmiten ovat työmailla esitettynä löytyy liitteestä (liite 1, työmaa-alue suunnitelma). Mallinnusta tehtäessä, alettiin asialle miettiä jatkoa, olisiko mahdollista esittää alue suunnitelma suurella näytöllä, joka olisi sijoitettu keskeisesti työmaalle ja sitä voisivat myös tutkia työmaan ulkopuolisetkin henkilöt. Tämä edesauttaisi suunnitelman päivittämistä, koska asialle syntyisi julkisuutta ja aiheuttaisi ”paineita” alue suunnitelman päivittäjälle.

Työturvallisuutta ja työmaiden hallintoa valvova aluehallintovirasto, arvostaisi varmasti tällaista avointa toimintaa. Ja tiedottamiseen voitaisiin myös lisätä, esimerkiksi tuloksia TR-mittauksista, sattuneista tapaturma ja ”läheltä piti”-tilanteista, ym. turvallisuusasiaa käsittelevistä aiheista, kenenkään yksityisyyttä siinä loukkaamatta.



**Kuva 6. Tavallisesti työmailla käytetty työmaa-aluesuunnitelma**



Kuva 7. Työmaa-aluesuunnitelma 3D-mallina

## 7 Työmaan vaiheet ja etenemisen suunnittelu

Nykyisin työmaiden aikataulu- ja ennakkosuunnittelu, on kohonnut yhdeksi tärkeimmistä kriteereistä hankkeen onnistumisessa laadullisesti ja taloudellisesti. Aikataulu- ja ennakkosuunnittelulla varmistetaan, että materiaalit saadaan ajallaan ja suunniteltuina määrinä sekä tietyt työvaiheet edistyvät halutulla tahdilla, tarkan aikataulun mukaisesti. Tämä on tärkeää siksi, että rakentamisessa työvaiheet ovat aina sidoksissa muihin työvaiheisiin. Jos yksi vaihe pettää, niin muiden vaiheiden aloitus vaikeutuu ja hidastuu, aiheuttaen kustannusten nousua ja aikataulujen uudelleen järjestelyjä.

### 7.1 Esimerkki: Kerrostalon anturoiden muotti, raudoitus ja valutyö

Varsinaisen rakennusprojektin käynnistää aina perustusten, eli anturoiden muotti-, raudoitus- ja betonointityö. Anturatyö on sidoksissa edelliseen työvaiheeseen, joka maanrakennusurakoitsijan suorittama maapohjan vahvistaminen karkealla kiviaineisella maamassalla tai joskus jopa paalutusmenetelmällä. Tämän työvaiheen valmistuminen on ehdoton edellytys anturatyön alkamiselle, toisaalta taas anturatyötä sitoo sokkelielementtien toimitusaika, joiden toimittamisesta on sovittu viikkoja, joskus jopa kuukausia ennen maanrakennustyön aloittamista. Tämän vuoksi projektin työnjohdolle muodostuu aikaikuna, jossa ajassa anturatyö on saatettava valmiiksi.

Edellisestä aikaikkunasta, joka on kaksitoista työpäivää, saatiin aihe, laatia työvaiheaikataulu, jonka aikana työ saadaan valmiiksi. Työ jaettiin kolmeen betonointivaiheeseen, jotka kaikki esitettiin 3D-mallina. Mallinnus selkeytti asiaa projektinjohdolle, miten saadaan aika-, materiaalit- ja työaika riittämään työvaiheen toteutukseen ja työ suoritetaan kustannustehokkaasti

#### 7.11 Ennakkosuunnittelu

Aluksi tehtiin mMestari ohjelmalla anturabetonoinnin kokonaisuudesta 3D-malli (kuva 9), jotta saatiin betonimassojen kuutiomäärä selvitettyä, sekä jaettua järkevästi kolmeen osaan (kuva 10), joka työpäivän aikana olisi mahdollista betonoida.

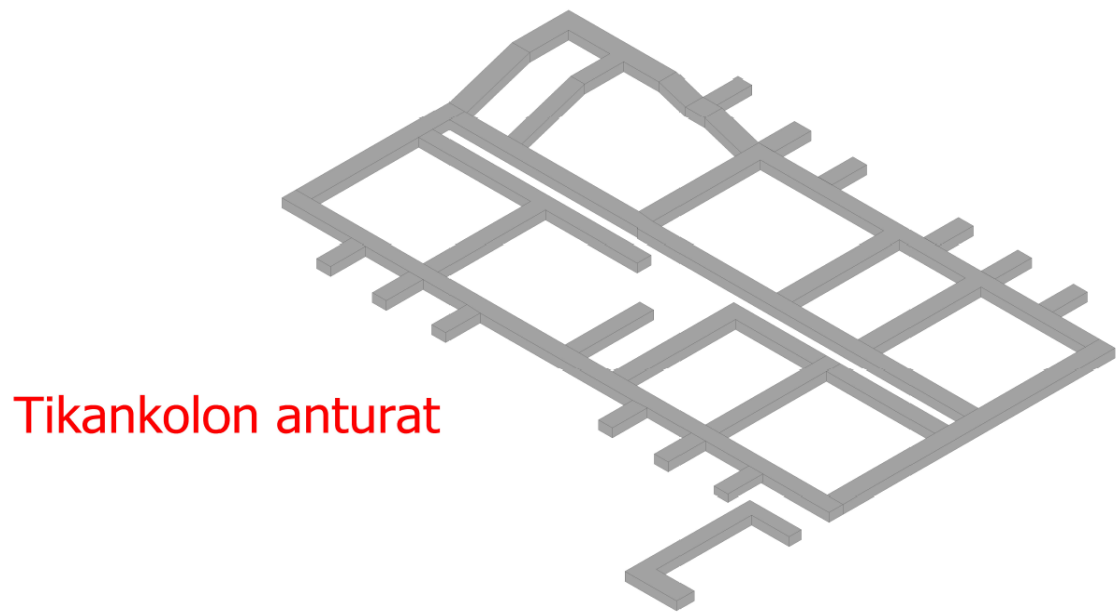
Kokonaisuus jaettiin, siten että elementtiasennus voitaisiin aloittaa, vaikka anturatyö vielä olisi mahdollisesti kesken ja tiukkaan aikatauluun saataisiin yksi työpäivä lisäaikaa.

Ohjelman määrälaskennan ja 3D-mallinnuksen avulla, saadaan ”muutamalla napinpainalluksella” mallista selvitettyä piiri, pinta-ala ja mallin tilavuus. Tiedot voidaan siirtää taulukkolaskenta ohjelmaan, jossa ne voidaan käsitellä matemaattisesti erilaisten kaavojen avulla. Saadusta visuaalisesta tiedosta, voitiin siis taulukkolaskentaa hyväksikäyttämällä selvittää betonimassan, muottitarve ja raudoitteiden määrä (kuva 8).

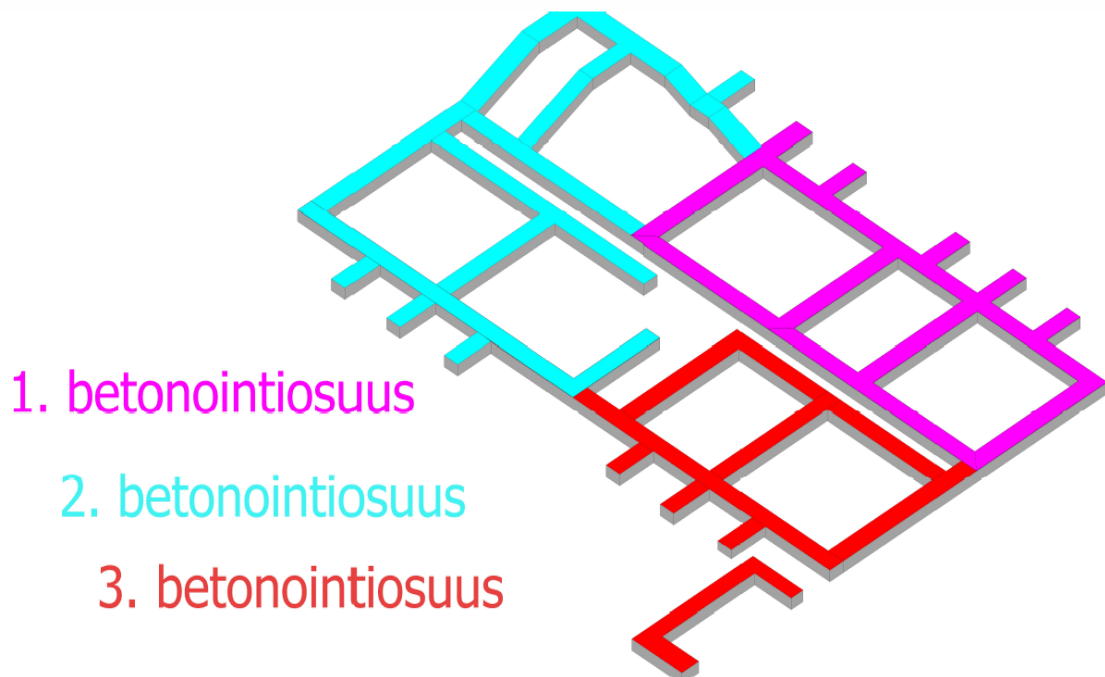
Anturavalu 1			Anturavalu 2			Anturavalu 3		
<b>MUOTITUS</b>			<b>MUOTITUS</b>			<b>MUOTITUS</b>		
Muotti	1 x sidepuu	pit. /jm 166,48 jm	Muotti	1 x sidepuu	pit. /jm 188,93 jm	Muotti	1 x sidepuu	pit. /jm 135,27 jm
Muotti	Muotin korkeus	m. ala /m <sup>2</sup> 0,5 m	Muotti	Muotin korkeus	m. ala /m <sup>2</sup> 0,5 m	Muotti	Muotin korkeus	m. ala /m <sup>2</sup> 0,5 m
	Mitoitus / m <sup>2</sup>	83,24 m <sup>2</sup>		Mitoitus / m <sup>2</sup>	94,47 m <sup>2</sup>		Mitoitus / m <sup>2</sup>	67,64 m <sup>2</sup>
	<b>Muotti tarve</b>	<b>179,80 m<sup>2</sup></b>		<b>Muotti tarve</b>	<b>204,05 m<sup>2</sup></b>		<b>Muotti tarve</b>	<b>146,09 m<sup>2</sup></b>
<b>BETONIVALU</b>			<b>BETONIVALU</b>			<b>BETONIVALU</b>		
Betonointi	ala /m <sup>2</sup>	95,90 m <sup>2</sup>	Betonointi	ala /m <sup>2</sup>	77,20 m <sup>2</sup>	Betonointi	ala /m <sup>2</sup>	56,59 m <sup>2</sup>
Betonointi	til. / m <sup>3</sup>	48 m <sup>3</sup>	Betonointi	til. / m <sup>3</sup>	39 m <sup>3</sup>	Betonointi	til. / m <sup>3</sup>	28 m <sup>3</sup>
<b>RAUDOITUS</b>			<b>RAUDOITUS</b>			<b>RAUDOITUS</b>		
Teräksset	pääteräs 4 x 12 mm	733 jm	Teräksset	pääteräs 4 x 12 mm	831 jm	Teräksset	pääteräs 4 x 12 mm	595 jm
	haat 8mm k.300	610 kpl		haat 8mm k.300	693 kpl		haat 8mm k.300	496 kpl

Kuva 8. Valutyön materiaalilaskentaa

Näiden tietojen saamiseen, kului aikaa yhdeltä työnjohtajalta noin kaksi tuntia.



Kuva 9. 3D-malli Tikankolon anturoista



Kuva 10. Betonointiosuuksien jakaminen



## 7.12 Muottikierron laskenta ja muottisuunnittelu

Muottikierto mietittiin seuraavasti, ensimmäisen betonoinnin kovettuttua muotin purkulujuuteen joka oletettiin tapahtuvan valua seuraavana aamuna, silloin muotin purku, puhdistaminen, öljyminen ja siirtäminen aloitetaan välittömästi kahden rakennusmiehen työryhmällä. Purkutyö on tärkeää tehdä muottia liikaa rikkomatta, sillä muottiosa käy usein suoraan uudelleen käytettäväksi.

Samanaikaisesti, ensimmäisestä muottityöstä ylijääneellä materiaalilla, aloitetaan toisen (valu 2) muotin rakentaminen ja purettavasta muotista (valu 1) materiaalia siirtyy uudelleen käytettäväksi.

Muotteihin käytettävä materiaalimäärä (kuva 11), olisi siis 1,5 kertainen keskimääräiseen menekkiin nähden, mutta sillä materiaalimäärällä työvaihe saataisiin tehtyä työn keskeytymättä.

### Muottikierto anturavaluille 1,2 ja 3

<b>Valu 1</b>	Tarvittava muottimäärä	179,80	m <sup>2</sup>
	Vaneri 600 xx2400 x 20	125	kpl
	Soiro 50 x 100 L= 4800	69	kpl
	Lauta 22 x 100 L= 1200	83	kpl
	Ankkurit tb. 16 L= 1000	166	kpl
<b>Valu 1</b>	Tarvittava muottimäärä	204,05	m <sup>2</sup>
	Vaneri 600 xx2400 x 20	142	kpl
	Soiro 50 x 100 L= 4800	79	kpl
	Lauta 22 x 100 L= 1200	94	kpl
	Ankkurit tb. 16 L= 1000	189	kpl
<b>Valu 1</b>	Tarvittava muottimäärä	146,09	m <sup>2</sup>
	Vaneri 600 xx2400 x 20	101	kpl
	Soiro 50 x 100 L= 4800	56	kpl
	Lauta 22 x 100 L= 1200	68	kpl
	Ankkurit tb. 16 L= 1000	135	kpl

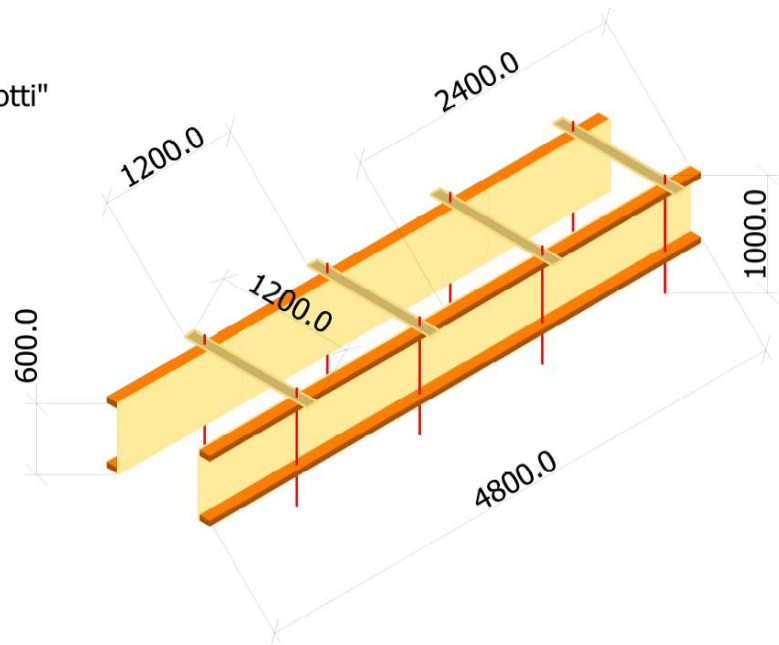
<b>Muottikierto</b>			
	Tarvittava muottimäärä	264,97	m <sup>2</sup>
	Vaneri 600 xx2400 x 20	184	kpl
	Soiro 50 x 100 L= 4800	102	kpl
	Lauta 22 x 100 L= 1200	139	kpl
	Ankkurit tb. 16 L= 1000	254	kpl

Kuva 11. Muottikierron materiaalimenekki

Muottikierto, laskettiin menekkien keskiarvo x 1,5 – 1,7 kertoimilla, koska materiaaleille määritettiin erilaiset hävikit.

Tarvittava muottikalusto suunniteltiin yksinkertaiseksi (kuva 12), joka olisi helposti kasattavissa ja purettavissa, mutta olisi rakenteeltaan riittävän tukeva kestääkseen valupaiheen aiheuttaman kuorman. Sen lisäksi raudoitteet tulisi olla helposti asennettavissa, koska ne oltiin päätetty tilata rautatoimittajan esivalmisteleminä.

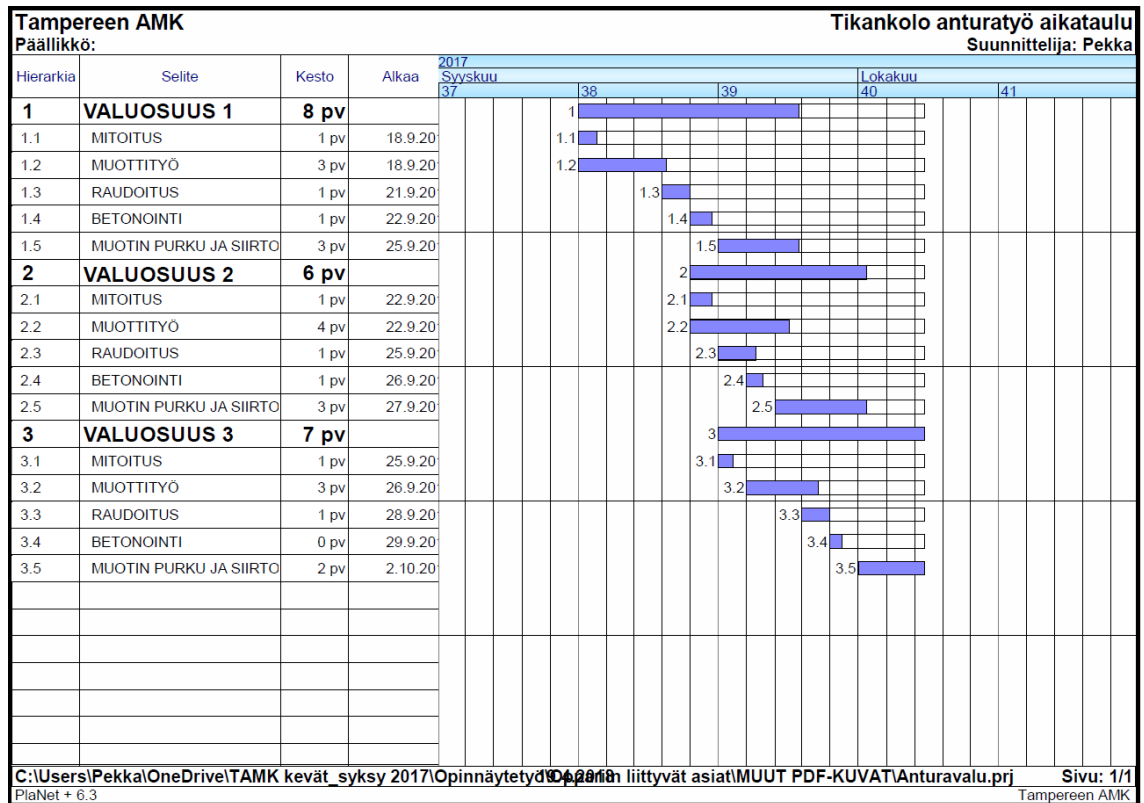
"Yksinkertainen anturamuotti"



Kuva 12. Anturamuotti, joka on helppo ja nopea kasata ja purkaa

Työryhmät muodostettiin seuraavalla tavalla, rakennusmiehiä kaksi (2) kappaletta, joiden tehtävänä oli suorittaa avustavat siirto-, purku-, puhdistus- ja öljyämistyöt sekä avustaa muotin rakentamisessa tarpeen mukaan ja pääosin suorittaa betonointi, yhden rakennusammattimiehen ja työnjohtajan ohjeistamana. Rakennusammattimiehiä tarvittiin kaksi (2) kappaletta, varsinaisen muottirakenteen tekemiseen, yksi (1) raudoittaja, raudoitteiden asentamiseen ja konsultoiva mittamies anturoiden sijaintitietojen merkitsemiseen ja korkeusaseman määrittämiseen. Työryhmän muodosti siis 2 RM, 3 RAM ja 1 Tj.

Työvaiheen aikataulu tehtiin Planet ohjelmalla, Rakennusmenekit -kirjasta saatujen työntekijä tuntien (tth) ja työvuorokerrointen (tv) mukaisesti, kertomalla niitä taulukkolaskennasta saatavilla mittatiedoilla. Aikataulu (kuva 13).



Kuva 13. Aikataulu, laadittuna anturavalutyöhön.

Työvaihe saatiin suoritettua aikataulun mukaisesti, hyvän ennakkosuunnittelun ansiosta, joka mahdollisti esimerkiksi, betonimassojen ja raudoitteiden oikea-aikaisen toimittamisen työmaalle. Kustannukset alittivat tavoitehinnan ja laadullisesti työvaihe oli hyvää tasoa, joten työnjohdon lähimmät esimiehet, työmaan valvoja ja projektijohto-organisaatiossa päättävät henkilöt, olivat tyytyväisiä työvaiheen suorittamiseen ja siitä raportointiin.

## **8 Osa- ja työkuvien käyttö työmaalla**

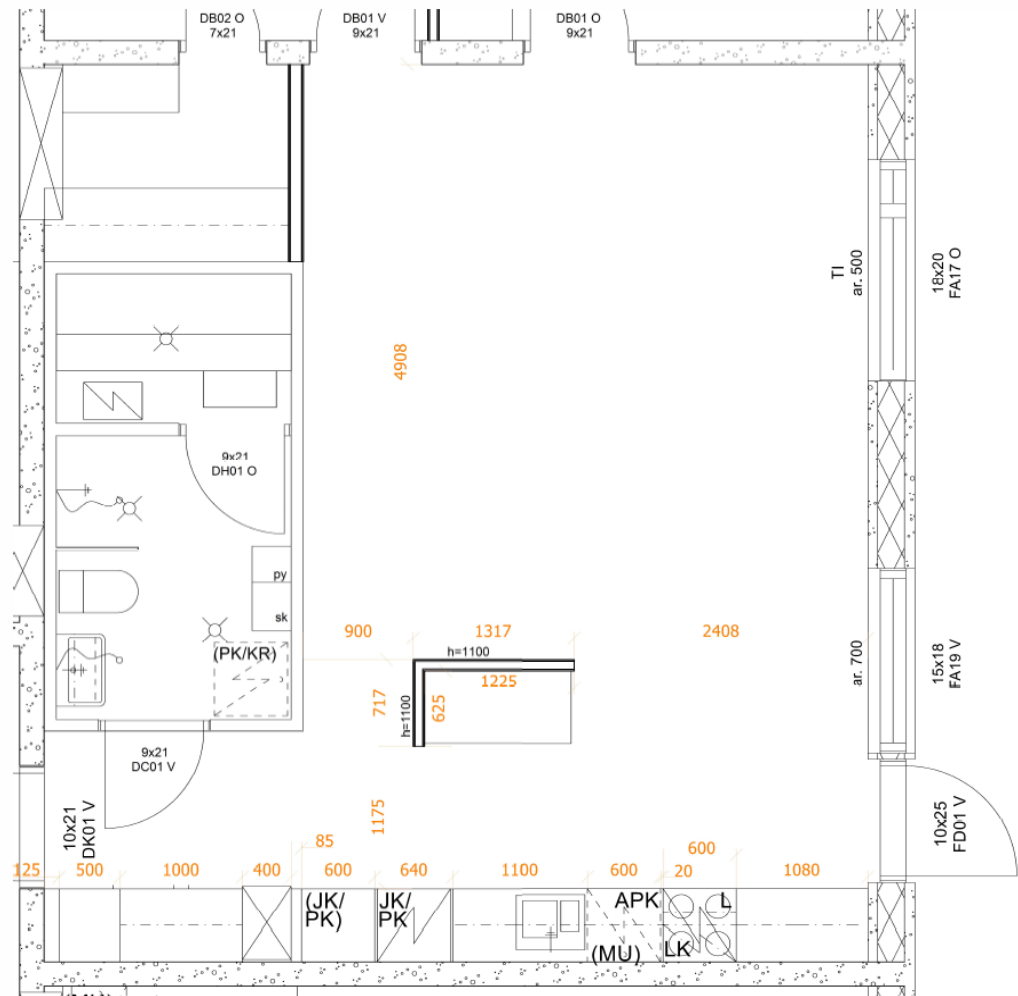
Osa- ja työkuvien käyttö työmaalla on hyvin yleistä, ne ovat yleisimmin dwg-kuvasta zoomattuja, mittatiedolla lisättyjä kuvia osia kokonaisuudesta, joita tarvitaan esimerkiksi kaluste- ja väliseinien mitoittamiseen kyseistä osaa rakennettaessa. Osakuvia suositaan, niiden helpomman tulkitsemisen vuoksi, verrattuna pohjakuvaan, joka on tulostettu suhteeseen 1:50. Työkuvia taas käytetään silloin, kun kaivataan tietoa esim. tuennasta, muotin rakenteesta, läpivienneistä, ym., jota ei suunnitelmista löydy.

### **8.1 Keittiökalukselle suunnitellun tilan mitoittaminen**

Esimerkkinä voisi toimia arkkitehdin pohjakuvasta zoomaamalla kohdennettava, keittiökalukselle vaadittavan tilan mitoitus (kuva 14).

Suosittelavin tapa tila on mitoittaa kalustekuvista, mutta valitettavasti niitä ei yleensä vielä ole suunniteltuina väliseinätyötä tehtäessä.

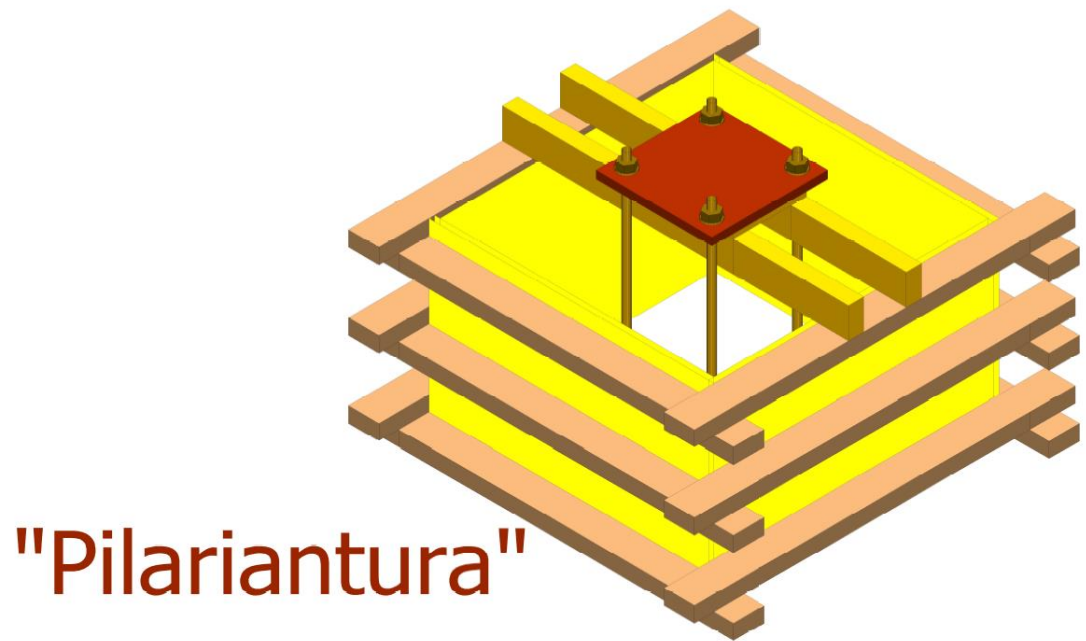
Silloin helppo tapa on käyttää dwg-kuvaa, josta zoomaamalla saadaan kalusteet yksityiskohtaisesti näkyviin ja lisäämällä mittatieto kuvaan, saadaan muuten vaikeasti tarkasteltava kohde tarkemmin mitoitetuksi. mMestari- ja mMies ohjelmien ominaisuuksiin kuuluu työpöydälle zoomatun kuvan tulostus mahdollisuus, sellaisenaan kuin se työpöydällä on olemassa, eli muita toimintoja ei tarvitse osata kuin kuvatulostus.



Kuva 14. Osakuva keittiökalusteiden mitoitus varten.

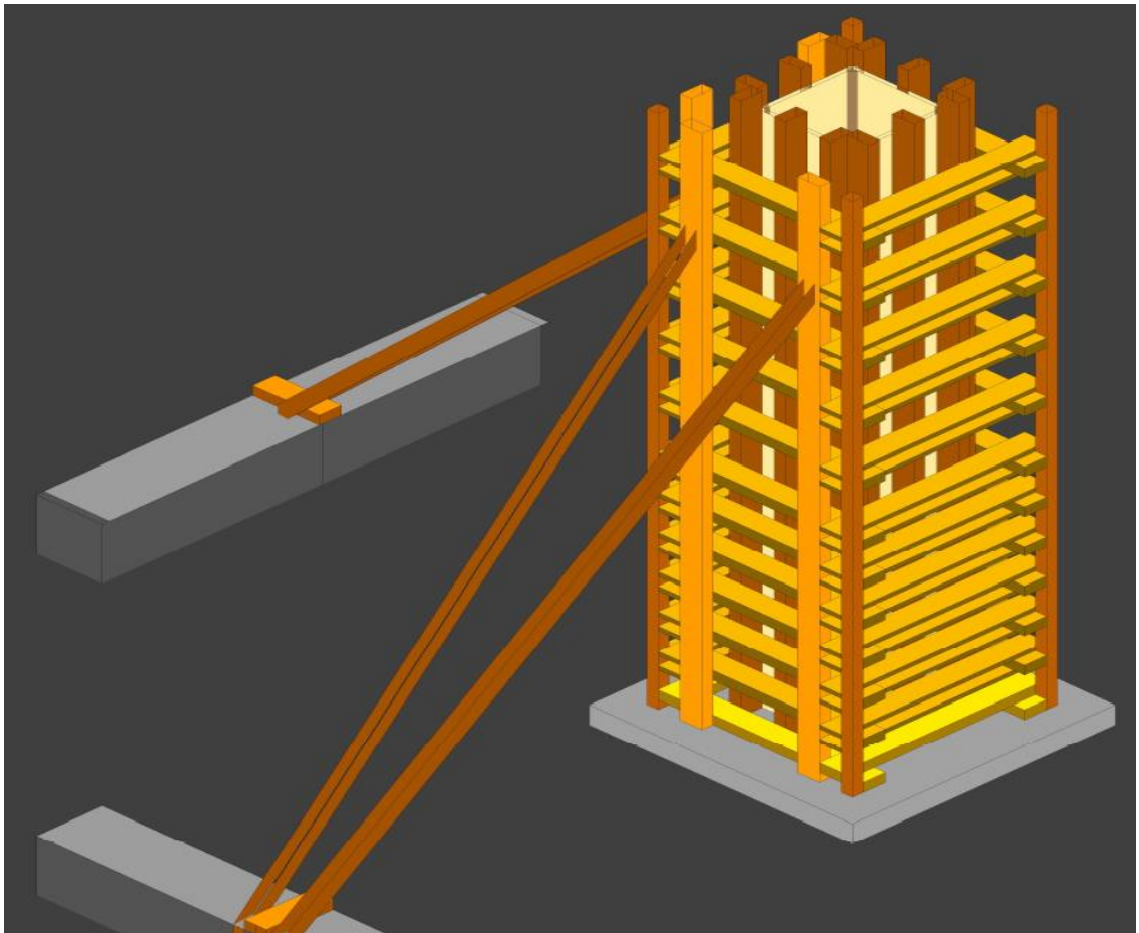
## 8.2 Valumuotin valmistaminen työkuvan pohjalta

Useasti vastaan tulee työmaalla tilanne, jossa tekijän ammattitaito, kokemus tai muu puuttuva tekijä aiheuttaa sen, että työnjohdon on piirrettävä kuva muotista (kuvat 15 ja 16). Kuvaa voidaan tehdä tasokuvana, eri suunnista kuvattuna tai vaihtoehtoisesti 3D-kuvana, jolloin kuvaa voidaan pyörittää rajattomasti ja muottiin tarvittava tuentamäärä tulee selväksi tekijälle. Kuvasta saadaan myös selville, jokaisen muottiin tarvittavan kappaleen mitat ja lukumäärät, jota kannattaa käyttää hyväksi suurissa valmistusmääriä tehtäessä ja muottivalmistus voidaan suorittaa ns. sarjatyönä.



## "Pilariantura"

Kuva 15. Pilariantura ohjelmalla 3D-mallinnettuna



Kuva 16. Pilarimuotti ohjelmalla 3D-mallinnettuna

## 9 Mittauksen historia

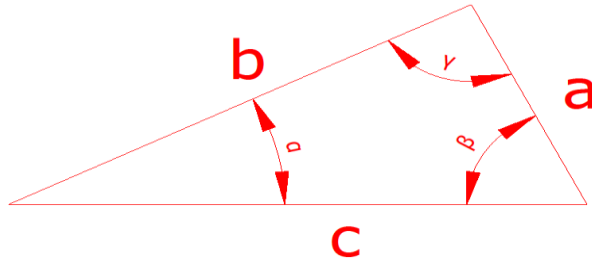
Esi-isiemme siirryttyä luola- ja kiviasumuksista, asumaan katollisiin rakennuksiin, on syntynyt tarve rakennussuunnittelulle. Suunnittelu tapahtui alkuun, piirtämällä puutikulla ääri viivoja maapohjalle, tilan määrittämiseksi asumiskäyttöön riittäväksi. Keksittyään keinon papyrukselle ja pergamentille piirtämisestä, rakennusten suunnittelu on saanut alkunsa mittasuhteeseen käyttämisessä ja mittayksiköiden kehittämisessä. Sen aikaisina pituuden mittayksiköinä käytettiin mahdollisesti käsi- ja jalkamittoja, keihäiden- ja jousien kantomattoja, ym. Keskiajalla tulivat syli (1,78 m), kyynärä (0,59 m), jalka (0,297 m), tuuma (työmittana 0,02475 m) ja tuuma (kymmenysmittana 0,0297 m) sekä kalu-tuuma (0,0254 m). Lisäksi pituusmittoina käytettiin korttelia (0,148 m) sekä peninkulmaa (10689 m). Pinta-alamittayksiköinä toimivat tynnyrinala (4936,4 m<sup>2</sup>), kapanala (154 m<sup>2</sup>).

Nykyisin meillä pituudenyksikkönä toimii metri ja sen 10-jaolliset yksiköt, joita ovat millimetri (0,001m), senttimetri (0,01 m), desimetri (0,1 m), metri (1 m), dekametri (10 m), hehtometri (100 m) ja kilometri (1000 m). Poikkeuksena metrijärjestelmään ovat Amerikka ja Britannia sekä näiden entiset siirtovaltiot, joissa käytetään yhä edelleen tuuma mitoitus.

Pituuden mittayksikön metrin määritelmä, oli alun perin kymmenesmiljoonasosa Maan pohjoisnavan ja ekvaattorin välimatkasta ja nykyisin käytetään interferometristä määritelmää, jonka valo kulkee tyhjiössä 1/299792458 sekunnissa. Mittaaminen, on siis melkoisesti tarkkuutta vaativa suoritus.

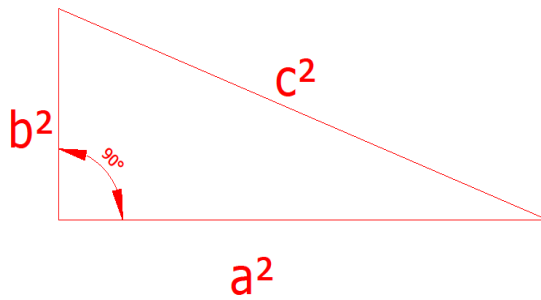
Käytettiin sitten mitä mittayksiköitä tai mittalaitteina millaisia tahansa, niin mittaaminen liittyy aina maanvetovoiman lainalaisuuteen ja etäisyyden-, kulman- ja välimatkan kolmio- ja monikulmiomittaukseen, joista jälkimmäiset kehitettiin Hollannissa 1600-luvulla.

Tärkeimpinä laskukaavoina mittauksessa pidetään kosinilauseetta (kaava 1.), josta Pythagoraan lause on erikoistapaus (kaava 2.), sinilauseeseen perustuva kolmiomittaus (kaava 3.) ja kahden pisteen etäisyys koordinaattien avulla (kaava 4.)



$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma$$

Kaava 1. Kosinilause



$$a^2 = b^2 + c^2$$

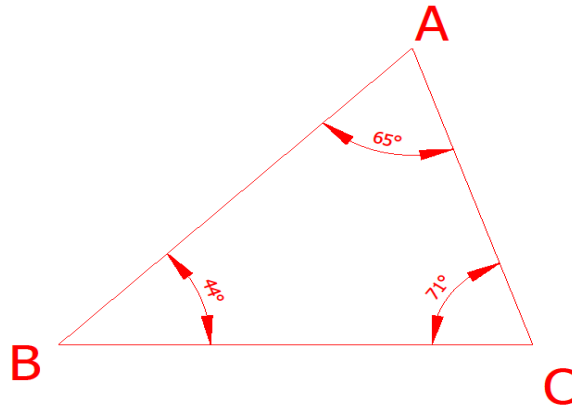
ja yhtälöstä voidaan ratkaista:  $a = \sqrt{c^2 - b^2}$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

$$c = \sqrt{b^2 + a^2}$$

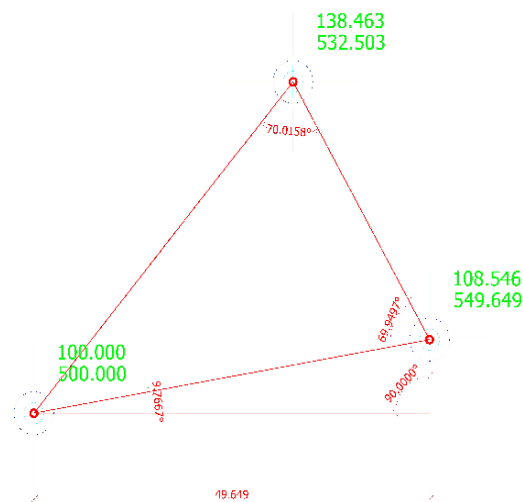
Kaava 2. Pythagoraan lause





$$AB = \frac{\sin\gamma}{\sin\alpha} BC \quad \text{ja} \quad AC = \frac{\sin\beta}{\sin\alpha} BC$$

Kaava 3. Sinilauseeseen perustuva kolmiomittaus



$$sd = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2}$$

Kaava 4. Välimatka (sd) kahden pisteen etäisyys koordinaattien avulla

## 10 mMies ohjelma, mittaus ja sijaintitiedon poimintaan ja käyttämiseen

mMies ohjelma suunnattu ensisijaisesti rakennusmittauksen, mutta myös infrarakentamisen mittaajille mittausohjelmaksi. Ohjelma sisältää samat toiminnot, mitkä opinnäyte-työssä, jo aiemmin mMestari -osiossa kerrottiin, sillä erotuksella, että mMies ohjelmassa lisänä on koordinaattimittaukseen soveltuvia toimintoja. Lisättyjä toimintoja on ehkä väärä sanamuoto, koska mMies on kehitetty ennen mMestari ohjelmaa, eli oikein olisi kertoa mMestari ohjelmasta karsituista toiminnoista.

Ohjelma on kaksisuuntainen ohjelma, jossa ohjelmasta mittatietoa viedään mittalaitteelle käytettäväksi tai jo mitattua tietoa tuodaan mittalaitteelta edelleen käytettäväksi. Ohjelma sisältää lisäksi toimintoja, joilla muokataan (tuo / vie), tarkastetaan, kevennetään ja vertaillaan suunniteltua tietoa.

Mittausohjelmasta poimittua tietoa, viedään mittalaitteelle kahdella eri tavalla, tai niiden yhdistelmällä, eli vaihtoehtoina on. 1. mittapistetietoa numeerisessa ja kirjoitetussa muodossa, jolloin mittaus tapahtuu etukäteen suunniteltujen pisteiden mukaisesti tai muodostamalla pisteiden välille janoja, jolloin viisainta on mitata ainoastaan 2D- tasoa, kun taas pistemittauksella voi käyttää mukana kolmatta ulottuvuutta (Z), joka usein miten käsitellään korkeutena. 2. taustakuvana, jolloin suunnitelma on muutettu dxf-tiedostoksi ja siirretty kokonaiskuvana mittalaitteelle ja mittaus tapahtuu janamittauksena, joko janan päästä, päähän päätepiste, keskipiste, risteäväpiste, offset-linja, linjaan, kaarelle, kaarelta, ym. Käytettäessä tätä mittaustapaa, on paikallaan 2D-tasomittaus, koska mittaus tapahtuu 0- korkeustasolla, ellei kyse ole tietomallinnuskuvasta. 3. vaihtoehto on kahden aikaisemman mittaustavan yhdistelmä, jolloin käytössä on kaikki kolme ulottuvuutta.

Tuotaessa mittaustietoa mittalaitteelta, voi syynä olla kartoitus tai tarkemittaus. Kartoitus mittaukseen on olemassa kaksi syytä, kun halutaan tietoa tuntemattomasta tai tarkistetaan tunnettua objektia. Yleisin syy kartoitukseen, on maanpinnan kartoittaminen kaivuu- tai louhintamassojen laskemiseksi, joka suoritetaan yleensä kustannusennusteiden vuoksi.

Toinen syy kartoittamiselle on tiedon siirtäminen suunnittelijalle jatko suunnittelua varten. Näitä kartoituksia ovat mm. paalutuksen sijainti-, suuntakulma- ja kallistuskulmakartoitukset. Jo tehdyn mittauksen tarkistamista kutsutaan tarkemittaukseksi, joka tehdään yleensä muodonmuutosten vuoksi esimerkiksi betonoinnin jälkeisen liikkumisen tai virhemittauksen poikkeaman toteamiseksi / poissulkemiseksi. Tarkemittaustiedot siirretään yleensä, joko pää- tai erityissuunnittelijalle. Suomessa mittaustyössä käytetty poikkeama suunnitellusta, eli toleranssi on  $\pm 3\text{mm}$ . Tilaaja voi kuitenkin asettaa työlle tiukemman toleranssin, jopa  $\pm 0,5\text{mm}$ , joka kuitenkin on äärimmäisen harvinaista ja sille pitää olla painava syy. Esimerkkinä voisi olla ydinvoimarakentaminen.

Suunnittelukuvan keventäminen tapahtuu turhia kuvatasoja sulkemalla ja poistamalla käyttämättömiä kuvatasoja. Kevennetty kuva kopioidaan leikepöydälle ja liitetään uuteen tiedostoon työpöydällä. Suurin syy kuvien keventämiseen on maastotallentimen tiedonkäsittely kapasiteetti (max. 20Mb / useimmilla laitteilla).

Vertailua voidaan suorittaa revisio-kuvien kesken, vertailemalla uusinta revisiota, edellisen revision kanssa. Tämä on tärkeää, koska sijaintimuutokset moduuliverkossa tai kantavissa rakenteissa voivat olla kohtalokkaita rakennuksen lujuuksille ja niiden korjaaminen voi tulla hyvinkin kalliiksi. Vertailu voidaan tehdä, muuntamalla aiempi revisio suunnitelmasta kokonaisuudessaan, valmiiksi luodulle kuvatasolle REVISIO A, (väritys punaisena). Kun taas uusi muutoskuva, muutetaan kuvatasolle REVISIO B, (väritys sinisenä). Näin saadut, uusilla kuvatasoilla olevat ja tallennetut tiedostot, viedään uuteen tiedostoon päällekkäin, jossa niiden eroavuuksia voidaan vertailla.

E erityisen tarkkana pitää olla moduuliverkkojen suhteen silloin, mikäli niitä on enemmän kuin yksi. Moduuliverkkojen asemoinnin muutokset tulevat usein kalliiksi ja aiheuttavat suuriakin aikataulullisia viivytyksiä.

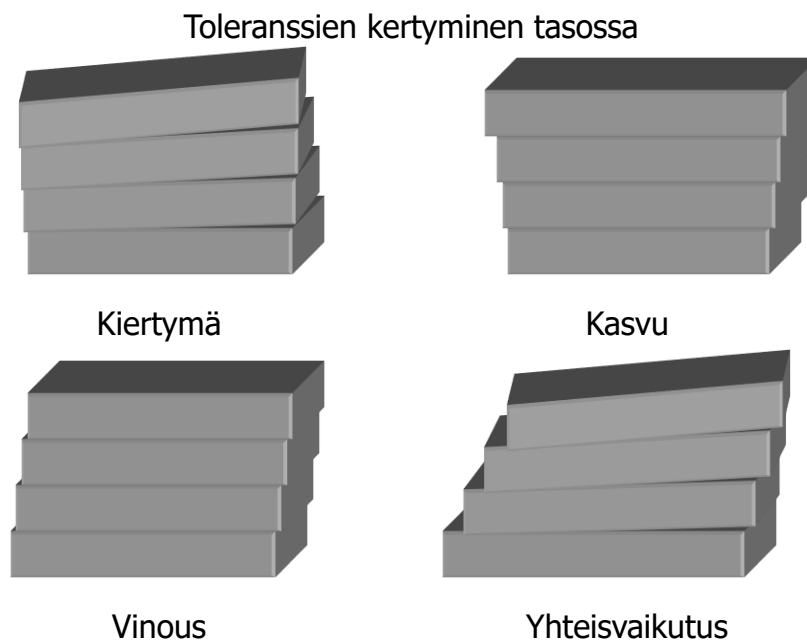
## 11 Yleistä asiaa mittaamisesta

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL), määrätään toimitettavaksi rakennuspaikan ja korkeusaseman merkintä, joka tilataan kunnanmittausyksiköltä tehtäväksi. Rakennusluvassa määritetään rakennuksen sijainti. Sijaintikatselmus, eli rakennuspaikan ja korkeusaseman toteaminen (Kun rakennuksen lattiat ja sokkelit on valettu, on kaupunkimittausyksiköstä tilattava sijaintikatselmus, jossa todetaan, että rakennuksen sijainti, korkeusasema ja päämitat ovat hyväksytyjen piirustusten mukaiset).

Siinä muutamia lain määrittämiä mittaustehtäviä, jotka pitää suorittaa rakennuslupaehdojen täyttämiseksi. Mittaustavoista laissa ei ole määräyksiä, sen saa suorittaa perinteisenä mittauksena, linjapukkien ja lankalinjojen avulla tai nykyisin käytössä olevilla takymetreillä ja mittausohjelmilla.

### 11.1 Perinteisten mittaustapojen ongelmia

Mittaustavoissa syntyy eroja, kun rakennuksen kerrosluku kasvaa. Seuraavassa esitellään, minkälaisia ongelmia perinteinen mittaustapa aiheuttaa ja niiden lopullisen yhteisvaikutuksen (kuva 17).



Kuva 17 Perinteisen mittauksen ongelmat kerrostalon runkoasennuksessa (lähde: M-Mies oy, power point-esitys Rateko)

## 11.2 Nykyaikaiset ohjausmittaukset

Robottitakymetrillä ja mittausohjelmalla tapahtuvassa mittauksessa virhemahdollisuudet ovat minimoitu. Lähes aina ohjausmittauksella tehdyssä rakennuksessa sattuneessa virheessä, on mukana inhimillinen tai suunnittelussa tapahtunut virhe. Virheet usein miten paljastuvat asennus-, mittausmerkintä- tai suunnittelun aikana liikahtaneeksi moduuliverkon aiheuttamiksi virheiksi, joista vakavimmat ongelmat aiheuttavat, viimeisenä mainittu moduuliverkon liikkuminen. Kaksi ensimmäistä virhettä eliminoidaan tarkemittauksella ja pikaisella korjauksella, ennen kuin on liian myöhäistä tehdä korjauksia. Mittaajan onkin viisasta suorittaa toteumamittaus, paikalleen mittauksen yhteydessä ja siirtää toteuman mittatieto, sitä varten luotuun tiedostoon. Näin turvaututaan mahdollisilta korvausvaatimuksilta.

Nykyisillä laitteistoilla, joiden tarkkuus vaihtelee rakennusmittauksissa puolen sekunnin laitteista, minimitarkkuudella toimiviin kahden sekunnin laitteisiin.

Tuo tarkkuusluku tarkoittaa käytännössä, esimerkiksi 200 metrin päähän tehtävään mittaukseen vaakasiirtymään, puolen sekunnin laitteistolle laskettuna 0,485 mm ja kahden sekunnin koneelle 1,94 mm. Joten vielä 300 metrin päähän tehdyt mittaukset pysyvät toleranssi rajoissa  $\pm 3$  mm, jossa vaakasiirtymää on 2,9 mm, kahden sekunnin laitteistolla mitattuna.

$$\text{vaakasiirtymä} = \left(\frac{\pi \cdot d \cdot mm}{360 \cdot 60 \cdot 60 \cdot s}\right) / 2s = \left(\frac{\pi \cdot 400000 \cdot mm}{1296000s}\right) / 2s = 0,485 \text{ mm}$$

Kaava 5. Vaakasiirtymässä tapahtuvaan virheeseen, puolen sekunnin laitteelle

## 12 Mittaustyön valmistelu

Mittaustyön valmistelu alkaa aloituspalaverista, johon osallistuu työnjohto ja mittaustyön suorittaja sekä mahdollisesti mittaustyönjohtaja (mittaustyön suorittaja ja mittaustyönjohtaja ovat useasti sama henkilö). Aloituspalaverissa käydään läpi työmaan laatukriteerit ja yleisaikataulu. Tarkastetaan ja hyväksytään mittaustyön tehtäväsuunnitelma (tehtäväsuunnitelman laatii, mittaustyötä valvova työnjohtaja), esitetään laitteen/laitteiden kalibrointitodistukset, luovutetaan projektipankin käyttäjätunnukset tai vaihtoehtoisesti suunnittelijoiden yhteystiedot, lopuksi mittajalle suoritetaan työmaahan perehdytys sekä myönnetään kulkulupa. Aloituspalaverista pidetään pöytäkirjaa, jonka allekirjoittavat vastaava työnjohtaja, työnjohtaja ja mittaustyönjohtaja. Pöytäkirja liitetään yhteen mittaustyön tehtäväsuunnitelman kanssa, joista otetaan kopiot kullekin osapuolelle, alkuperäisen jäädessä työmaalle ”Tehtäväsuunnitelmat” -kansioon (liite 2, Mittaustyön tehtäväsuunnitelma).

### 12.1 Mittaustyön aloittavat tehtävät

Tarkastetaan projektipankin toiminta ja dwg-kuvien saatavuus. Tutustutaan kunnan mit-tayksikön, tuomiin kiintopisteisiin ja hankitaan niille koordinaattitiedot sekä tiedot käytettävästä koordinaatistosta.

Seuraava tehtävä on luoda tiedostokansiot projektille, jotka saadaan muodostettua mittaustyön tehtäväsuunnitelmaa apuna käyttäen. Suunnitelmassa on esitetty kaikki, hankkeeseen kohdistuvat mittaustyöt, alkaen maanrakennuksen tarvitsemista mittaus-, merkintä-, kartoitus- ja laskentatoimista sekä tavoite- ja tarkemittauksista, maastokartoitukset ja niiden tiedoilla tehtävät massalaskennat kaivu- ja mahdollisista louhintatöistä, kairavantojen ja niiden luiskausrajojen merkitsemisestä, perustusten maanrakennuskerrosten korkeuden tarkistamisesta, referenssikorkeuden sijainnista, piiloon jäävien putkistojen kartoituksista ja työmaa-aluesuunnitelman mukaisista sijaintimittauksista. Pelkästään maanrakennuksen vaatimia tiedostokansioita 6 kpl, joiden lisäksi vielä kansiot alkuperäisille- ja Helmert-muunnetuille suunnitelmille, raportoinneille ja reklamoinneille. Esimerkkinne mukaisessa kerrostalohankkeessa kansioita tarvittaisiin 400 – 500 kpl, jotta

mittaustyö pysyy arkistollisesti hallinnassa ja tiedot ovat löydettävissä. (liite 3, Malli tiedostokansioiden hallinnasta).

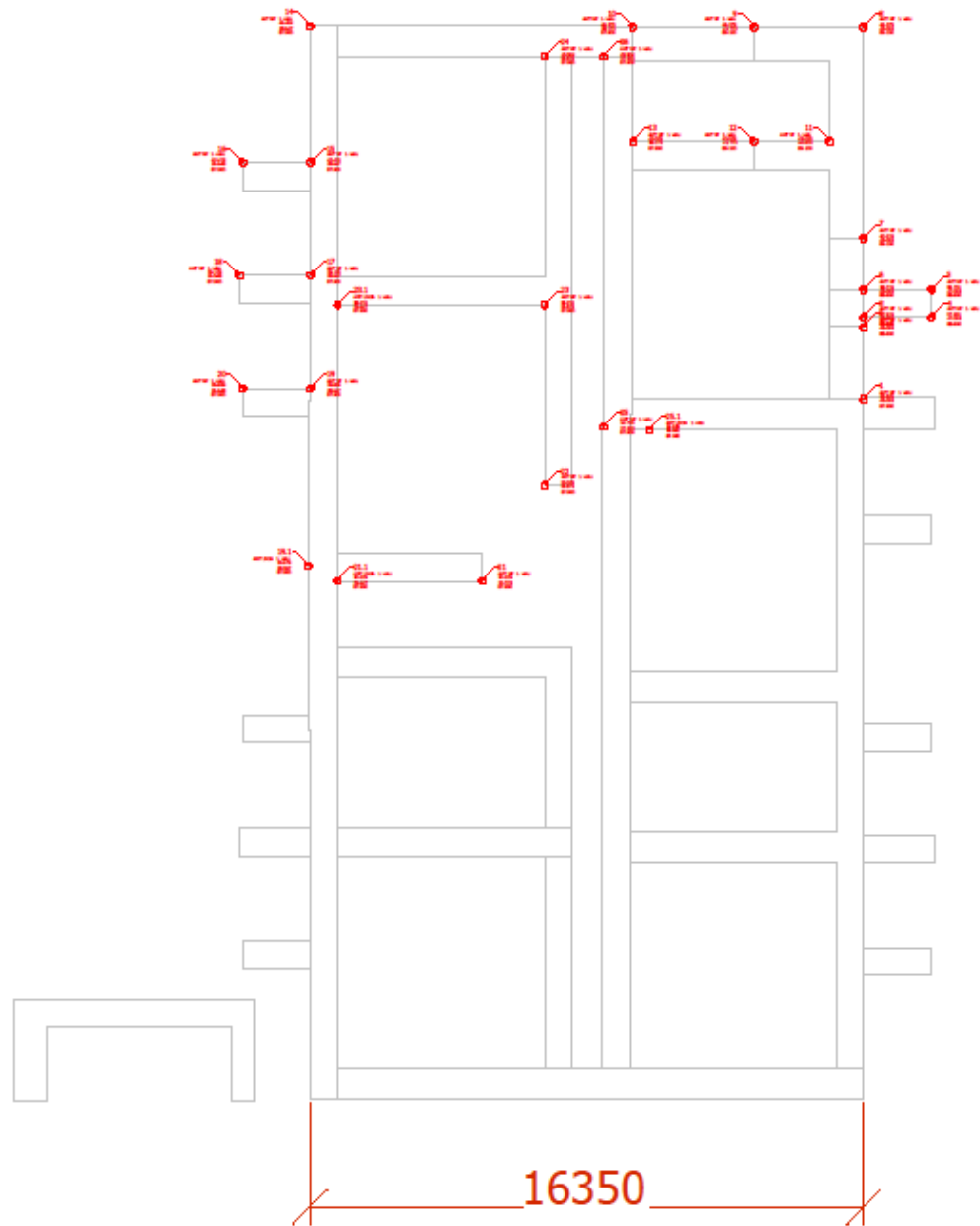
Helmert-muunnoksen yhteydessä, on hyvä sijoittaa mittausyksiköltä saadut koordinaattipisteet alkuperäiseen asemakuvaan, jolloin ne asemoituvat oikein työmaakoordinaatioon.

## **12.2 Mittaustyön kulku**

Mittaustyö alkaa hakemalla valmiista tiedostokansioista suunnitelma joka vastaa tehtävänä olevaa työvaihetta, josta parhaiten saadaan esille mitattavat kohteet. Mittakuvan käsittelytavaksi valitaan taustakuva ja mittapisteet. Poimitaan ne mittapisteet ohjelmalla, joilla korkeuksien (Z) tiedetään olevan tärkeässä roolissa rakentajille (kuva 18). Käytettäessä taustakuvaa mittaamisessa, se muuttaa kuvan dxf-tiedostoksi, eli metriseen mittajärjestelmään, skaalaamalla kuvan 1000 kertaa pienemmäksi origoon nähden (kuva 19). Tämä kuva kannattaa tallentaa ”Mittaukset”-nimiseen kansioon, esimerkiksi nimeämällä se tiedostoksi ”Anturat 150817”, jolloin mitattavana vaiheena on anturat ja mittauspäivä on 15.8.2017. Tämä tallennettu tiedosto kopioidaan ja siirretään maastotallentimelle, johon on luotu kansio mitattavalle työmaalle, tässä tapauksessa on Tikankolo 1171. Tikankolo 1171 työmaakansiolle luodaan alikansiota tarpeen mukaan, kuten merkinnät, tarkkeet, toteumat, kartoitus jne., joissa tiedostot ovat tallennettuina ja siten helposti löydettävissä jatkokäyttöä varten.

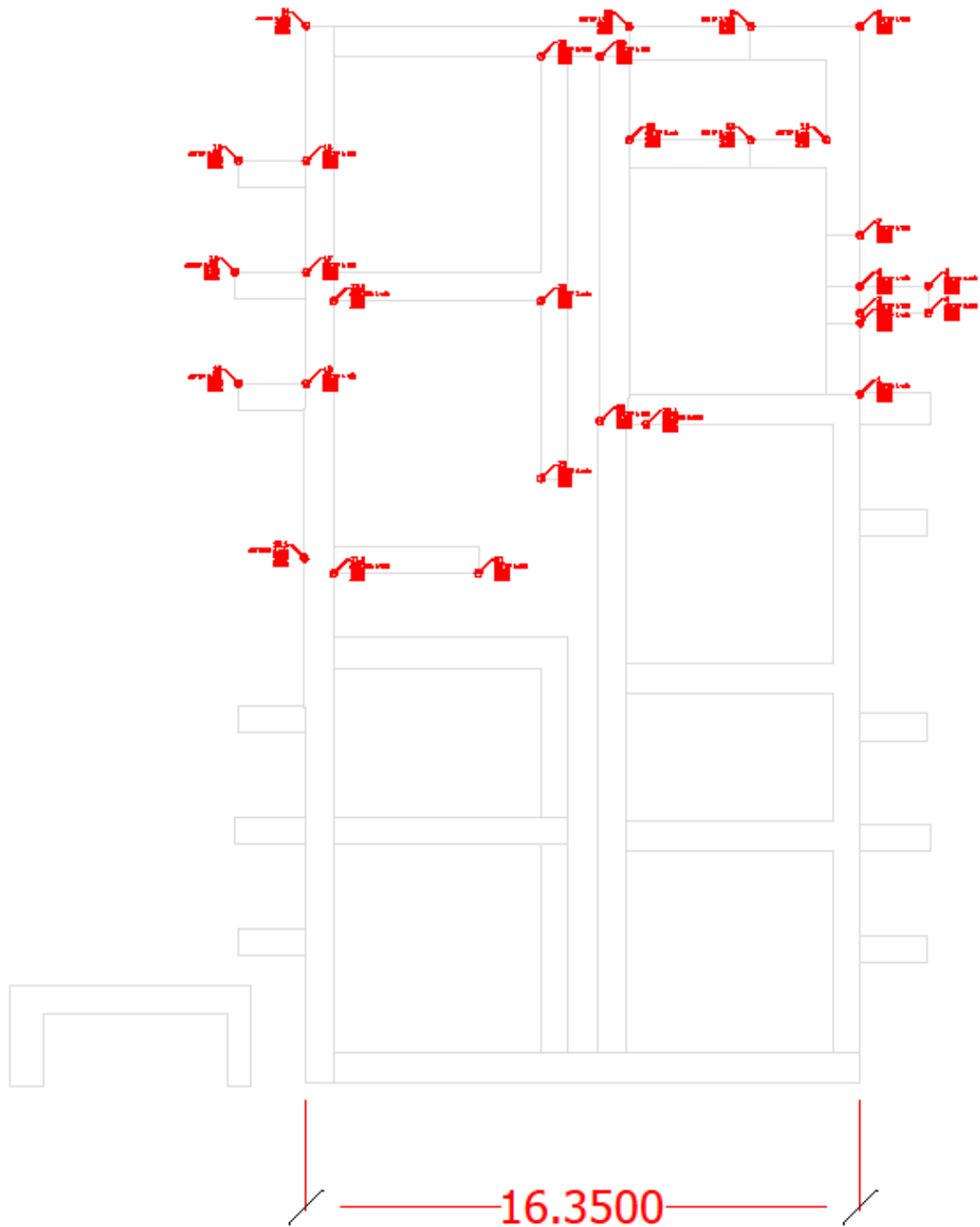
Mittapisteet voidaan esittää myös 3D-mallinnettuna, Z-ulottuvuuden havainnollistamiseksi (vdml) (kuva 20).

Mittapisteistä saadaan pistelistaus, joka on tarpeellinen vietäessä pelkkiä mittapisteitä maastotallentimelle käyttöön, joko gt- tai csv -muodossa (kuva 21 ja taulukko 3).

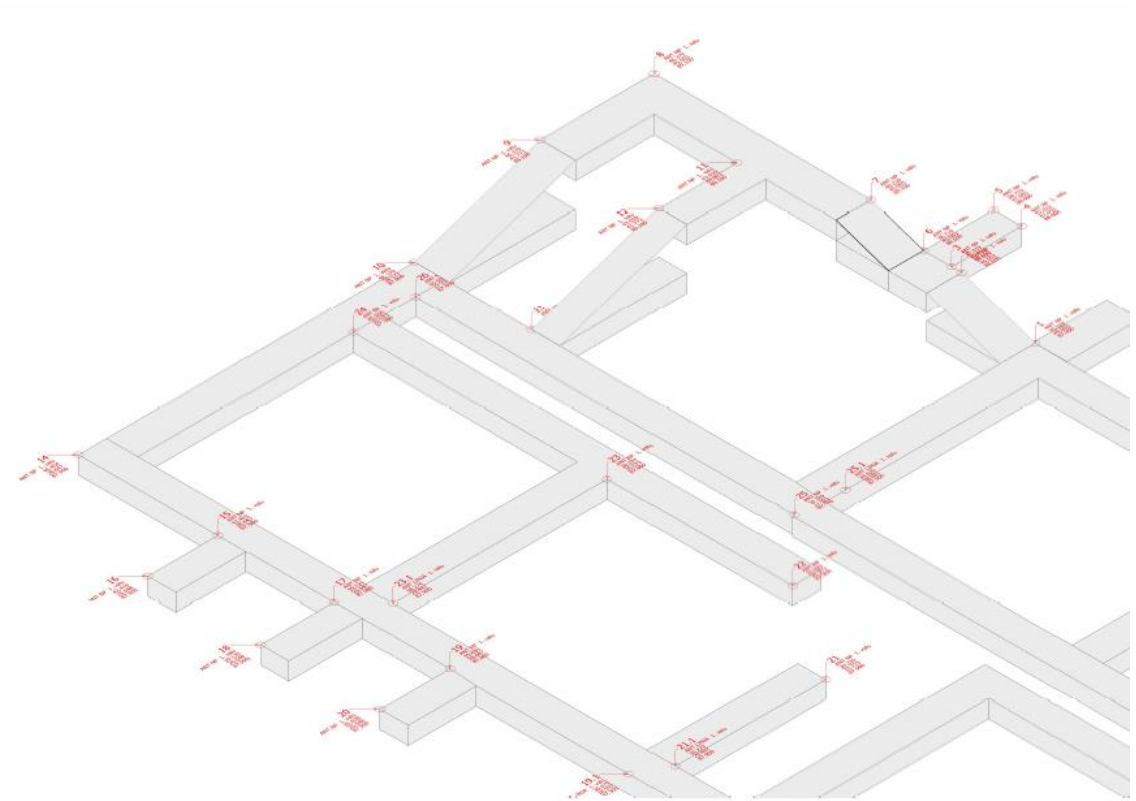


Kuva 18 2. valun tarvittavat mittapisteet poimittuina (dwg), johon li-  
sättyä mittaviiva, 1:1 kuvasuhteen havaitsemiseksi. Perusmittana millimetrit (mm).





Kuva 19 Kuin kuva 18, mutta 1000 kertaa pienennettynä, eli dxf-tiedostoksi muutettuna. Tämä tiedosto toimii maastotallentimella sellaisenaan ja voidaan käyttää mittauksessa, joko pisteitä tai janaa erilaisilla mittaustavoilla. Mittasuhteen havaitsemiseksi lisätty mittaviiva, 1:1 mittasuhteen havaitsemiseksi. Perusmittana metrit (m).



Kuva 20 Mittapisteiden korkeusasema havainnollistettuna.

Pistelista

```
{\rtf1\ansi\deff0{\fonttbl{\f0\fnil\fcharset0
Tahoma;}}
\viewkind4\uc1\pard\tqr\tx8931\lang1035\b\f0\fs20 PISTELISTA\b0\tab mMies - KUVA 18
3D.vdm1\par
\pard\tx1843\tqr\tx5529\tqr\tx7230\tqr\tx8931\
b Numero\tab Koodi\tab N\tab E\tab Z\b0\par
1\tab ANT NP 2. valu\tab 35.529\tab
45.003\tab 87.900\par
2\tab ANT NP 2. valu\tab 37.629\tab
45.003\tab 88.600\par
3\tab ANT NP 2. valu\tab 37.919\tab
45.003\tab 88.600\par
4\tab ANT NP 2. valu\tab 37.919\tab
47.003\tab 88.600\par
5\tab ANT NP 2. valu\tab 38.719\tab
47.003\tab 88.600\par
6\tab ANT NP 2. valu\tab 38.719\tab
45.003\tab 88.600\par
7\tab ANT NP 2. valu\tab 40.219\tab
45.003\tab 89.100\par
8\tab ANT NP 2. valu\tab 46.379\tab
45.003\tab 89.100\par
9\tab ANT NP 2. valu\tab 46.379\tab
41.773\tab 89.100\par
10\tab ANT NP 2. valu\tab 46.379\tab
38.173\tab 87.900\par
11\tab ANT NP 2. valu\tab 43.029\tab
44.003\tab 89.100\par
12\tab ANT NP 2. valu\tab 43.029\tab
41.773\tab 89.100\par
13\tab ANT NP 2. valu\tab 43.029\tab
```

Sivu 1

Pistelista

```
38.173\tab 87.900\par
14\tab ANT NP 2. valu\tab 46.404\tab
28.647\tab 87.900\par
15\tab ANT NP 2. valu\tab 42.419\tab
28.647\tab 87.900\par
16\tab ANT NP 2. valu\tab 42.419\tab
26.648\tab 87.900\par
17\tab ANT NP 2. valu\tab 39.129\tab
28.647\tab 87.900\par
18\tab ANT NP 2. valu\tab 39.129\tab
26.548\tab 87.900\par
19\tab ANT NP 2. valu\tab 35.839\tab
28.647\tab 87.900\par
20\tab ANT NP 2. valu\tab 35.839\tab
26.648\tab 87.900\par
21\tab ANT NP 2. valu\tab 30.229\tab
33.723\tab 87.900\par
22\tab ANT NP 2. valu\tab 33.029\tab
35.573\tab 87.900\par
23\tab ANT NP 2. valu\tab 38.274\tab
35.573\tab 87.900\par
24\tab ANT NP 2. valu\tab 45.504\tab
35.573\tab 87.900\par
25\tab ANT NP 2. valu\tab 34.729\tab
37.323\tab 87.900\par
26\tab ANT NP 2. valu\tab 45.504\tab
37.323\tab 87.900\par
19.1\tab ANT LINJA 2. valu\tab 30.679\tab
28.597\tab 87.900\par
21.1\tab ANT LINJA 2. valu\tab 30.229\tab
29.447\tab 87.900\par
23.1\tab ANT LINJA 2. valu\tab 38.274\tab
```

Sivu 2

```
                Pistelista
29.447\tab 87.900\par
25.1\tab ANT LINJA 2. valu\tab 34.629\tab
38.681\tab 87.900\par
}
```

Sivu 3

**Kuva 21 Pistelistaus gt -muodossa**

PISTELISTA		mMies - KUVA 18 3D.vdml		
Numero	Koodi	N	E	Z
	1 ANT NP 1. valu	35,529	45,003	87,9
	2 ANT NP 1. valu	37,629	45,003	88,6
	3 ANT NP 1. valu	37,919	45,003	88,6
	4 ANT NP 1. valu	37,919	47,003	88,6
	5 ANT NP 1. valu	38,719	47,003	88,6
	6 ANT NP 1. valu	38,719	45,003	88,6
	7 ANT NP 1. valu	40,219	45,003	89,1
	8 ANT NP 1. valu	46,379	45,003	89,1
	9 ANT NP 1. valu	46,379	41,773	89,1
	10 ANT NP 1. valu	46,379	38,173	87,9
	11 ANT NP 1. valu	43,029	44,003	89,1
	12 ANT NP 1. valu	43,029	41,773	89,1
	13 ANT NP 1. valu	43,029	38,173	87,9
	14 ANT NP 1. valu	46,404	28,647	87,9
	15 ANT NP 1. valu	42,419	28,647	87,9
	16 ANT NP 1. valu	42,419	26,648	87,9
	17 ANT NP 1. valu	39,129	28,647	87,9
	18 ANT NP 1. valu	39,129	26,548	87,9
	19 ANT NP 1. valu	35,839	28,647	87,9
	20 ANT NP 1. valu	35,839	26,648	87,9
	21 ANT NP 1. valu	30,229	33,723	87,9
	22 ANT NP 1. valu	33,029	35,573	87,9
	23 ANT NP 1. valu	38,274	35,573	87,9
	24 ANT NP 1. valu	45,504	35,573	87,9
	25 ANT NP 1. valu	34,729	37,323	87,9
	26 ANT NP 1. valu	45,504	37,323	87,9
	19,1 ANT LINJA 1. valu	30,679	28,597	87,9
	21,1 ANT LINJA 1. valu	30,229	29,447	87,9
	23,1 ANT LINJA 1. valu	38,274	29,447	87,9
	25,1 ANT LINJA 1. valu	34,629	38,681	87,9

**Taulukko 3 Pistelistaus csv -muodossa**

## **12.21 Mittauksen aloitus, orientointi**

Siirrytään työmaalle, etsitään suojaisa, esteetön näköala työkohteeseen ja hyvä näkyvyys olemassa oleville kiinto- tai tarrapisteille. Asetetaan laitejalusta tukevasti, liikkumattomalle maaperälle sekä kiinnitetään laite jalustaansa ja tasataan laite rasiatasaimen avulla pystysuoraan asentoon. Käynnistetään maastotallennin ja takymetri, jonka jälkeen odotetaan niiden keskinäisen radioyhteyden toiminnan alkaminen.

Orientointi voidaan aloittaa, kun radioyhteyden toiminnan vahvistus on saatu.

Orientointi tarkoittaa mittalaitteen kojeaseman määrittämistä, jolloin mittalaitteen X-, Y- ja Z-koordinaatit saadaan selville koordinaatistossa. Orientointi voidaan suorittaa kiinteän- tai vapaan asemapisteen toiminnolla sekä satelliittipaikantamisella. Satelliittipaikannus on vielä epätarkka tapa, joten orientoinnin onnistuminen on syytä tarkastaa kiintopiste-mittauksella.

Orientointi suoritettiin vapaa-asemapiste-toiminnolla, kolmen tunnetun pisteen avulla, joihin suoritettiin tähtäys ja mittaus ykkös- ja kakkosasennossa, mittauskertojen ollessa viisi kappaletta (näin tehden, asemointi saadaan huomattavasti tarkemmaksi pitkilläkin tähtäysetäisyyksillä), samanaikaisesti takymetri laski etäisyyksien, kulmien ja välimatkojen avulla itselleen asemapisteen ja orientoimistarkkuuden, jotka tarkastettiin ja hyväksyttiin asettamalla orientointi valmiiksi.

## **12.22 Merkintä ja merkinnän tallennus**

Merkintä aloitettiin valitsemalla maastotallentimen valikosta oikean tyyppinen prisma ja varmistettiin prisman tartunta takymetrin kohteeksi. Mittaus suoritettiin ja merkattiin maapohjalle prisma-auvan synnyttämällä reiällä ja merkkäusvärillä maalaamalla. Korkeusmerkintä tehtiin erilliseen metrin pituiseen puurimaan, joka iskettiin maapohjaan n. 20 cm:n syvyyteen. Jokaisen merkinnän jälkeen mitattu piste tallennettiin merkillä MS 1, MS 2, MS 3 ... aina viimeiseen mittauspisteeseen saakka, mittauksen dokumentoimiseksi arkistoon. Mittauksen jälkeen laitteisto pakattiin ja palattiin mittamiehen toimistotilaan tarkastamaan mittaukset.

### **12.23 Suoritetun mittaustyön laadunvarmistaminen**

Laadunvarmistus tehtiin, siirtämällä tallennetut mittapisteet maastotallentimelta, tietokoneelle kuvaan, joka oli tehty mittaustehtävää varten. Siirto tapahtui fyysisesti muistitikulla, josta pisteiden haku tapahtui ohjelman yksinkertaisella toiminnolla ”Tuo mittapisteitä”. Toiminto asetti tuodut mittapisteet koordinaattien mukaiseen kohtaan kyseistä mittaustyötä varten tehtyyn dxf-kuvatiedostoon, joten mittaustyön onnistuminen oli helppoa todeta kuvaa zoomaamalla ja mittaamalla pisteiden etäisyyttä toisistaan. Maapohjaan tehdyillä merkinnöillä, toleranssina käytetään yleisesti  $\pm 10$  mm.

### 13 Helmert-muunnos

”Helmertin transformaatio ( Friedrich Robert Helmert , 1843-1917) on muunnosmenetelmä kolmiulotteisessa tilassa. Sitä käytetään usein geodesiassa tuottamaan vääristymätöntä muunnosta yhdestä datasta toiseen. Helmertin muunnosta kutsutaan myös seitsemän parametriseksi muunnokseksi ja se on samankaltaisuuden muunnos”.

(Lainaus: [https://en.wikipedia.org/wiki/Helmert\\_transformation](https://en.wikipedia.org/wiki/Helmert_transformation))

Helmert-muunnos, on yleisin koordinaattimuunnos, jolloin tasolla tehdään yhdenmuotoisuusmuunnos. Rakennusmittauksessa yhdenmuotoisuusmuunnoksella muutetaan koordinaatiston sijaintia ja orientointia. Muunnoksessa on tunnettava vähintään kahden pisteen koordinaatit, sen suorittamiseksi.

Helmert-muunnosta käytetään asemapiirustuksessa esiintyvien koordinaattien lyhentämiseksi ja piirustuksen kääntämiseksi, helpommin luettavaan asentoon. Useiden Helmert-muunnosten välttämiseksi, tehdään muunnos pääsuunnittelijan käyttämän xref-tiedoston mukaiseen tiedostoon, mikäli sen koordinaatistossa ei esiinny negatiivisia koordinaattilukuja, jotka aiheuttavat ongelmia joissakin mittalaitteissa. Eräs, usein käytetty tapa, on oman työmaakohtaisen koordinaatiston luominen Helmert-muunnoksen avulla. Siinä asemapiirustuksen moduuliverkko käännetään y- ja x-koordinaatiston suuntaiseksi ja moduuliverkon vasemmanpuoleisen pystymoduulin ja alimman vaakamoduulin risteävä piste, asemoidaan koordinaattipisteeseen  $y=500$  m,  $x=100$  m ja  $z=0$  tai rakennuksen alimman kerroksen mukaisessa korkeusasemassa. Tämä edellyttää, sitä ettei käännetyn kuvan moduuliverkon eteläisellä puolella, ole kiinto- tai tarrapisteitä kauempana kuin 100 metriä, jolloin koordinaattiluvut pysyvät positiivisella puolella.

Liitteessä 6, esitetään kuvin ja mittapistein havainnollistamalla erään pirkanmaalaisen rakennuksen Helmert-muunnos ohjelmalla tehtynä. Liitteessä muunnokset suoritettiin xref-tiedostoon ja työmaakoordinaatistoon, alkuperäisestä tasokoordinaatistosta muuntamalla (liite 3/1, 3/2 ja 3/3). Liitteen Helmert-muunnoksissa huomioitavaa on koordinaattipisteiden ja orientointiin vaikuttavien kiintopisteiden muutokset.



## 14 Tarkemittaus

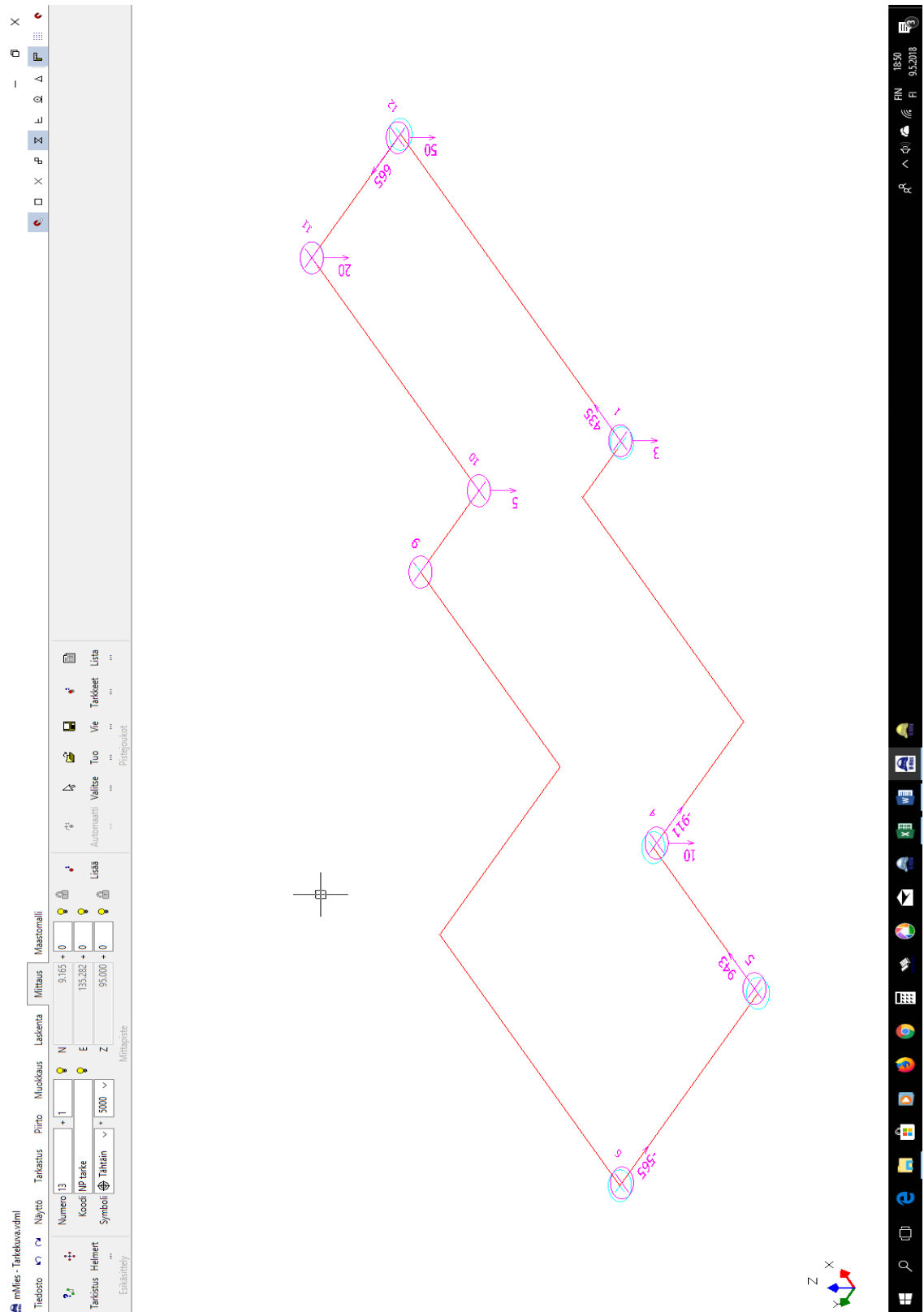
Tarkemittaus suoritetaan aina kartoitusmenetelmällä, jolloin mittauksessa ei synny manipuloinnin mahdollisuutta.

Tarkemittauksella tarkoitetaan, paikalleen mittauksen kontrollointia mahdollisten muodonmuutosten, liikkumisien, asennusten, virhemittausten, yms. tapahtumien vuoksi. Useasti tarkemittauksia myös pyydetään tehtäväksi suunnittelijoiden taholta, jolloin niitä vaaditaan muutoksien, lujuuslaskelmien, korjaavien rakennesuunnitelmien, ym. suunnitteluun liittyvien asioiden tarkentamiseksi.

Rakennusalan runkotyövaiheen työnjohtajille, tarkemittaus tuo tärkeää informaatiota rakennusrungon suunnitelmien mukaisesta etenemisestä sekä myös pakottavien korjausliikkeiden suorittamisesta rungon osalla, jos poikkeamat ovat kasvaneet yli sallittujen toleranssiarvojen. Aiempana mainittuun mittaustyösuunnitelmaan (liite 2.), on syytä luoda tarkemittauksen osalta pelisäännöt, joita mittaaja sitoutuu suorittamaan ohjeistuksen mukaisesti. Tärkeimpiä tarkemittauksen kohteita alapohjan osalta, ovat sokkelielementtien, peruspulttien, kantavien väliseinien ja hormielementtien aloituskappaleiden sijainti- ja korkeusasematiedot asennuksen, juotosbetonoinnin jälkeen. Runkovaiheen edetessä ensimmäisen välipohjan tasolle, tarkemittattavien listalle lisätään ulkoseinä- ja kantavien väliseinäelementtien lisäksi, tulevat hissikuilun sijainti- ja korkeusasematiedot sekä porrasyöksyjen yläpintojen- ja massiivi- ja ontelolaatastojen alapintojen korkeusasematiedot asennuksen jälkeen. Viimeksi mainitut korkeusasematiedot ovat hyvin tärkeässä roolissa lattian tasoitustyötä tehtäessä. Mikäli rakentamisessa käytetään valmiita märkätilaelementtejä, niin näiden sijainti- ja korkeusasematiedot ovat erityisen tärkeä tarkemittattavien kohde, joiden korkeusasematietoja verrataan hormielementtien liitoskorkeustietoihin. Tämän lisäksi märkätilaelementtien korkeusasemalla on myös, tärkeä yhteys lattian tasoitustyöhön. Maankäyttö- ja rakennuslain esteettömyys ohjeistuksen mukaan, huoneiston sisäpuolella kynnyshkorkeus (1.1.2018 alkaen) saa olla  $\leq 20$  mm.

Voidakseen toimia, tarkelaskennasta vastaavalla työnjohtajalla, tulee olla koulutus ja työkalut mittaustietojen käsittelemiseksi, poikkeamien toteamiseksi ja lisäksi kykyä käyn-

nistää poikkeamien aiheuttamat toimenpiteet välittömästi. Tarkemittauksesta ja niiden tuloksista aiheutuneista toimenpiteistä raportoidaan ja ne liitetään rakennustyöntarkastusasiakirjaan sekä laadunvarmistuksen toimenpiteistä pidettävään arkistoon.



Kuva 22

Kuvantaminen mMies ohjelmalla tehdystä tarkelaskennasta

**TARKELISTA mMies - Tarkekuva.vdml**

<b>Numero</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Z</b>	<b>dN</b>	<b>dE</b>	<b>dZ</b>
1	8,5	74,76	95,003	0	435	3
4	43,241	30,013	95,01	-911	0	10
5	44,152	2,165	95,002	0	943	0
6	81,601	1,222	95	-565	0	0
9	48,988	89,283	95	0	0	0
10	32,905	89,283	95,005	0	0	5
11	32,905	135,282	95,02	0	0	20
12	9,165	135,282	95,05	665	0	50

Kuva 23 Excel-tilukko tarkelaskennasta

## 15 Kentän kehittämis ehdotuksia ohjelmille

M-Mies oy:n tuotekehitys, ottaa mielellään vastaan kehittämis ehdotuksia. Niitä voi antaa osoitteessa <https://www.mmies.fi/yhteystiedot/>, klikkaamalla sivulla näkyvää painiketta ”Lähetä viesti” ja lisäämällä siitä avautuviin kenttiin nimi, sähköpostiosoite ja puhelinnumero, joista jälkimmäinen tieto on vapaavalintainen. Alla olevaan tyhjään kenttään voi kertoa kehittämis ehdotuksia mMestari- ja mMies-ohjelmille. Lopuksi klikataan painiketta ”Lähetä” ja kehittämis ehdotuksesi on vastaanotettu. M-Mies oy:n tuotekehitys vastaa kaikkiin asiallisiin kehittämis ehdotuksiin, kertomalla kehitysidean toteuttamisen mahdollisuuksista.

### 15.1 Kentällä kuultuja kehittämis ehdotuksia

Kerrottakoon, että tätä opinnäytetyötä tehtäessä M-Mies oy on tuonut markkinoille uusimman ohjelmaversioon, joten seuraavassa kappaleessa esitettyjä kehittämis ehdotuksia saattaa jo olla toteutettuina.

Kehittämis ehdotusten esittäjiä ei julkisteta, koska asiaan ei ole saatu lupaa heidän taholtaan.

#### 15.11 Tabletti -versio mMestarista

Erään valvojan toimesta on esitetty seuraava kehittämis idea.

”Voitaisiinko M-Mestari-versiosta kehittää tabletti- versio, joka kulkisi työjohtajien mukana työmaalla. Versiota olisi helppoa käyttää esimerkiksi mittatiedon tarkastamisessa, koska useasti valvottavan kohteen suunnitelmia ei työkohteessa ole saatavilla tai niistä puuttuu oleellinen mittatieto. Version tulisi toimia tietomallinnus- pohjalta ja kuvaa pitäisi pystyä muokkaamaan siten, että kohdetta voitaisiin tarkastella suunnitelmasta yksityiskohtaisesti. Esimerkiksi alakattojen ja koteloiden sijoittuminen huonetilaan ja niiden sisään jäävän tekniikan tilavarauksen riittävyys, saataisiin tarkastettua ja mahdolliset kor-

jaustoimenpiteet suoritettua”. Tällaisen toiminnon ansiosta vältyttäisiin, kustannuksia lisäävältä, kaksin- tai jopa kolminkertaiselta työltä. Toiminnon ansiosta suunnitelmat nähtäisiin luonnollisessa koossa ja niiden ”istuminen” sopivaksi muuhun huonetilaan.

### **15.12 Esivalmisteltua taulukkolaskentaa**

Eräs työnjohtaja toi esille puutteen, joka ilmenee laskenta-toiminnossa, kun laskentalistausta siirretään taulukkolaskentaa, niin laskentalistaus siirtyy aina uudelle ja uudelle taulukkolaskennalle. Tämän vuoksi uusi listaus, joudutaan kopiomaan ja viemään haluttuun taulukkoon, jossa varsinainen laskenta muodostetaan koontilaskentalistaksi ja saadaan haluttuja tietoja yhdisteltyä sopivaan muotoon laskettavaksi.

Ohjelman taulukkolaskentaa voitaisiin kehittää, siten että ohjelmassa olisi esivalmisteltuja erilaisille laskennoille tarkoitettuja taulukkopohjia, esimerkkinä väliseinä-, muottitarvike-, muuraus-, elementtiasennus- ja yms. työvaiheisiin, erillinen sivu laskentalistauksen liittämistä varten, työvaiheiden mukaisesti. Tällä tavalla laskentatiedoista tulisi helposti vertailtavissa olevaa jälkiseuranta tietoa.

### **15.13 Esivalmisteltuja lomakkeita mittauksille**

Ohjelmaan voisi lisätä erilaisia lomakkeita sisältävän toiminnon, joka toimisi erillisenä taustaohjelmana tai linkkitiedostona. Toiminnon kautta käyttäjä voisi poimia tarvitsemansa lomakkeen, ohjelman ohjaamana täytettäväksi ja arkistoitavaksi oikealle työmaalle sekä lähetettäväksi lomakkeen automaattisena sähköpostina asianomaisille, liitetiedostoilla lisättyinä.

Tällaisia lomakkeita olisivat, erilaiset kartoitukseen ja tarkemittaukseen liittyvät lomakkeet (suunnittelijoille). Reklamoinnit asennus- ja työvirheistä, jotka vaikuttavat rakennustyön laatuun, rakennuksen ulkonäköön tai mahdollisesti rakenteiden lujuteen (tällaisissa tapauksissa, mittauksessa tehdyt merkinnät, useasti peittyvät seuraavan työvaiheen alle). Yhtenä tärkeimpänä lomakkeena pidetään, konsulttitoimintana tapahtuvissa mittauksissa, joissa mittaukselle on sovittu kiinteä urakkahinta, listausta kohteessa tehtävistä mittauksista ja lisäksi tiedot siitä:

Kenen vastuulle kuuluu kiintopisteiden ja niiden koordinaattitietojen hankinta? Kuka hankkii nostolaitteet, lisättävien tarrapisteiden kiinnittämiseksi? Kenen vastuulle kuuluu

vakaan alustan järjestäminen mittauslaitteistolle, mittaustyön suorittamisen ajaksi? Nämä asiat, vaikuttavat mittaustyön kustannuksiin, aikatauluttamiseen ja siksi niistä on sovittava kirjallisesti etukäteen. Mikäli näistä asioista ei ole sovittu ja sopimusta tulkitsemalla em. asioiden kuuluvan konsulttiyritykselle, niin sillä tulee olemaan suuri vaikutus mittaustyöhön laadullisesti ja aikataulullisesti.

## **16 Kyselytutkimus mMestari- ja mMies-ohjelmista**

Kyselytutkimus suoritettiin opinnäytetyön -tekijän laatimien kysymysten perusteella. Ajankohtana kyselytutkimuksella oli maaliskuu- ja huhtikuu 2017. Kyselytutkimus suoritettiin tämän opinnäytetyön johdannossa ilmoitetuille kohderyhmille. Kohderyhmissä n. 600 potentiaalista vastaajaa, joilta vastauksia palautettiin 58 kpl

Kyselytutkimuksella haluttiin saada selville ohjelman käyttäjäkunnan ja ohjelmasta kiinnostuneiden sekä muita ohjelmia käyttävien / ohjelmia käyttämättömien opiskelijoiden ja rakennusalan ammattilaisten koulutuksesta, tehtäväkuvasta, ikäryhmästä, toimipaikasta ja työsuhteen muodosta.

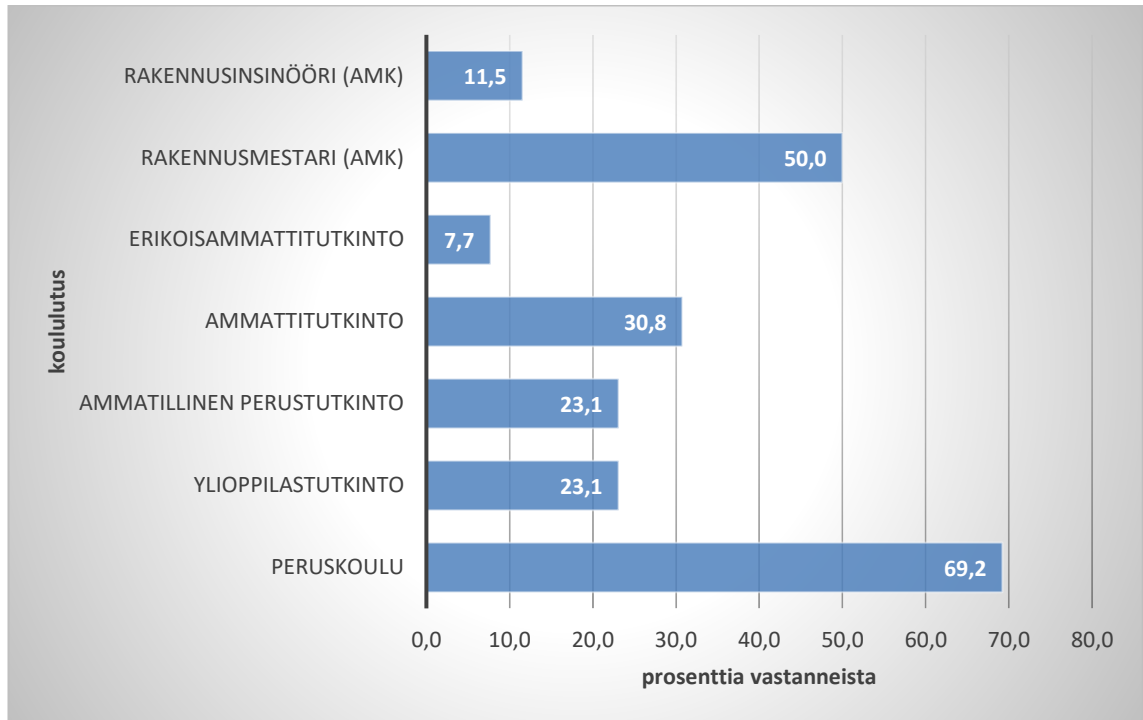
Lisäksi kyselyssä haluttiin tietää mittaaajien käytöstä työmailla, kuvien käsittely tavasta ja siinä käytettävistä sovelluksista sekä kuvien käyttö muodosta, osakuvien käytöstä ja puuttuvasta mittatiedosta, käytettävästä tietojenkäsittelyn laitteistoista sekä työvälineistä tarjouslaskennan määrätiedon hankkimiseksi, kun käytössä ei ole määrä- tai massaluetteloa. Viimeisenä kysyttiin kiinnostuksesta mMestari- ja mMies -ohjelmia kohtaan.

### **16.1 Kyselytutkimuksen vastausten purkaminen**

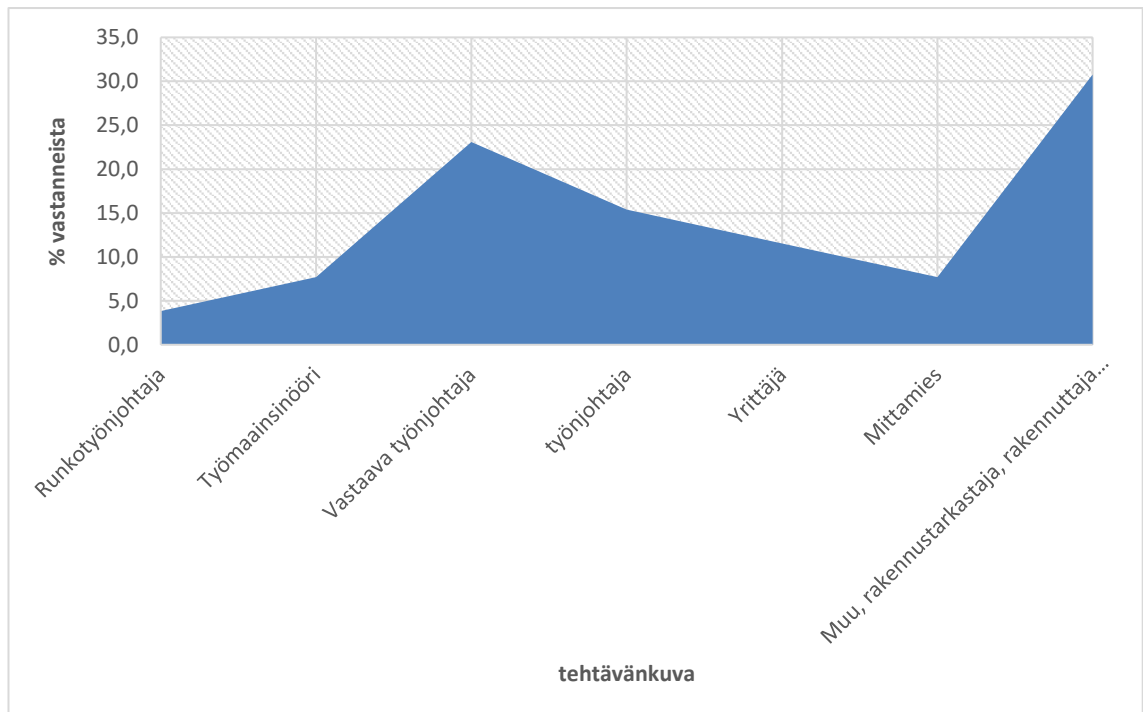
Kyselytutkimuksen vastaukset esitetään kaaviokuvina, ilman vastausten tulkintaa, koska jokainen lukija voi tehdä omat tulkintansa.

Kysymykset (16 kpl) ovat purettu samassa järjestyksessä, kuin ne esitettiin tutkimuksessa kohderyhmille. (osaan kysymyksistä vastauksia ei saatu, joten niistä ei ole tehty kaaviota) Kaavioiden yläpuolella kolmannen tason otsikossa, on kirjoitettuna kohderyhmille esitetty kysymys.

## 1 Mikä on koulutuksesi?

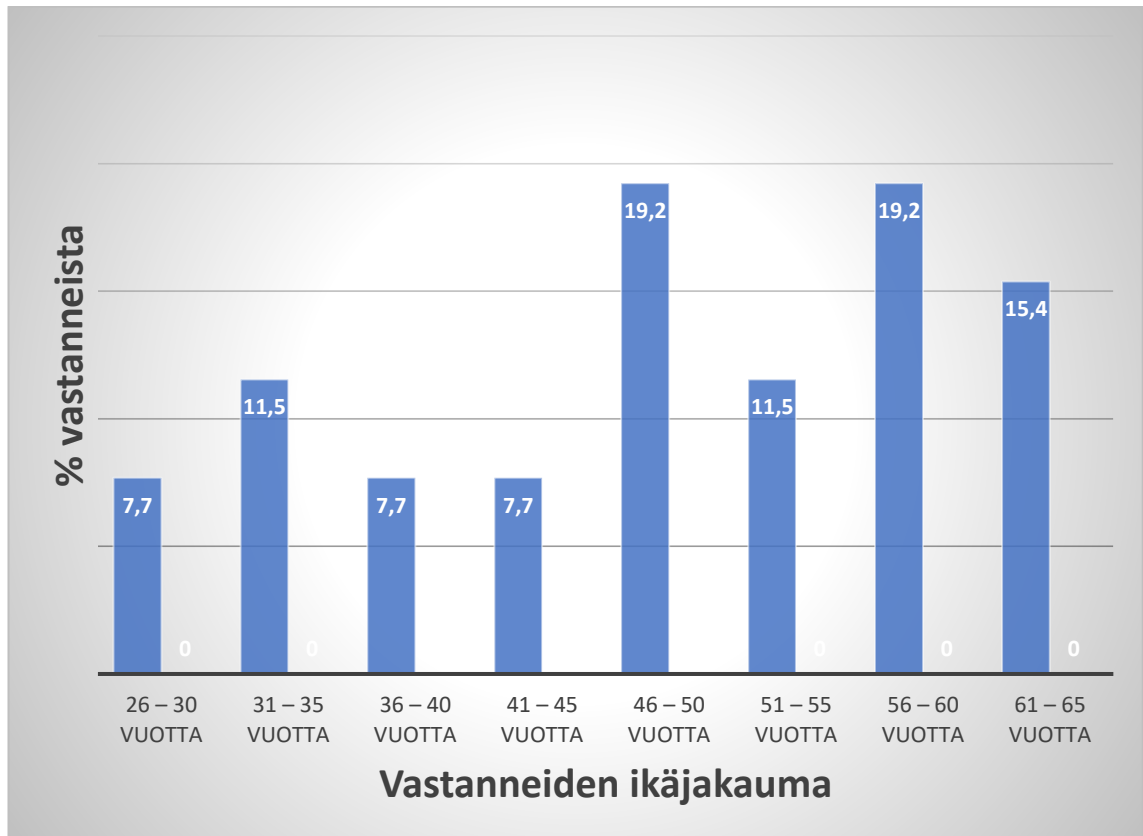


## 2 Mikä on tehtäväkuvasi?

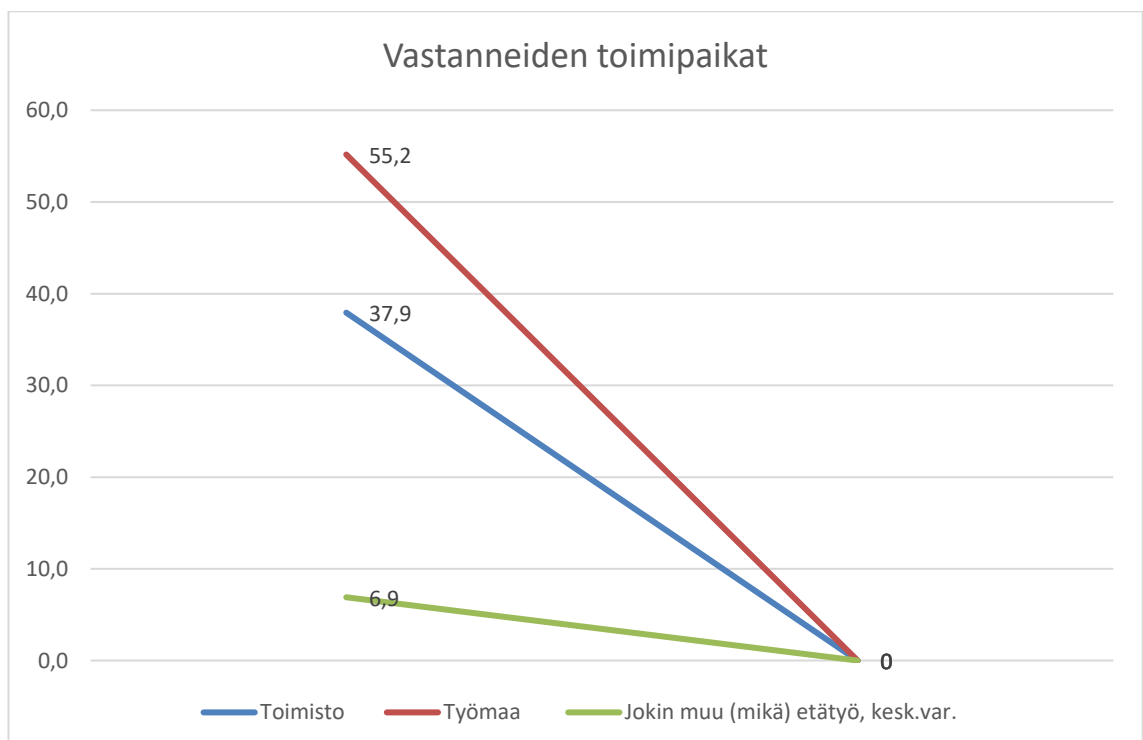




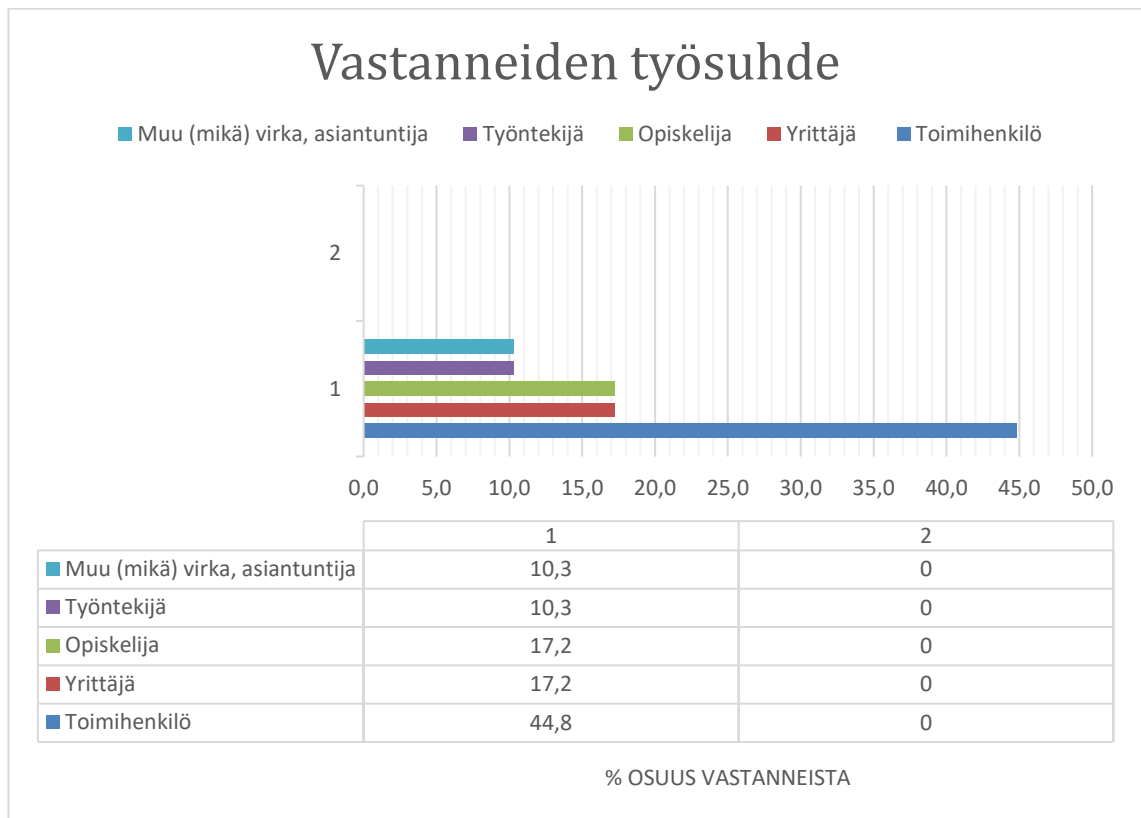
### 3 Ikäryhmäsi?



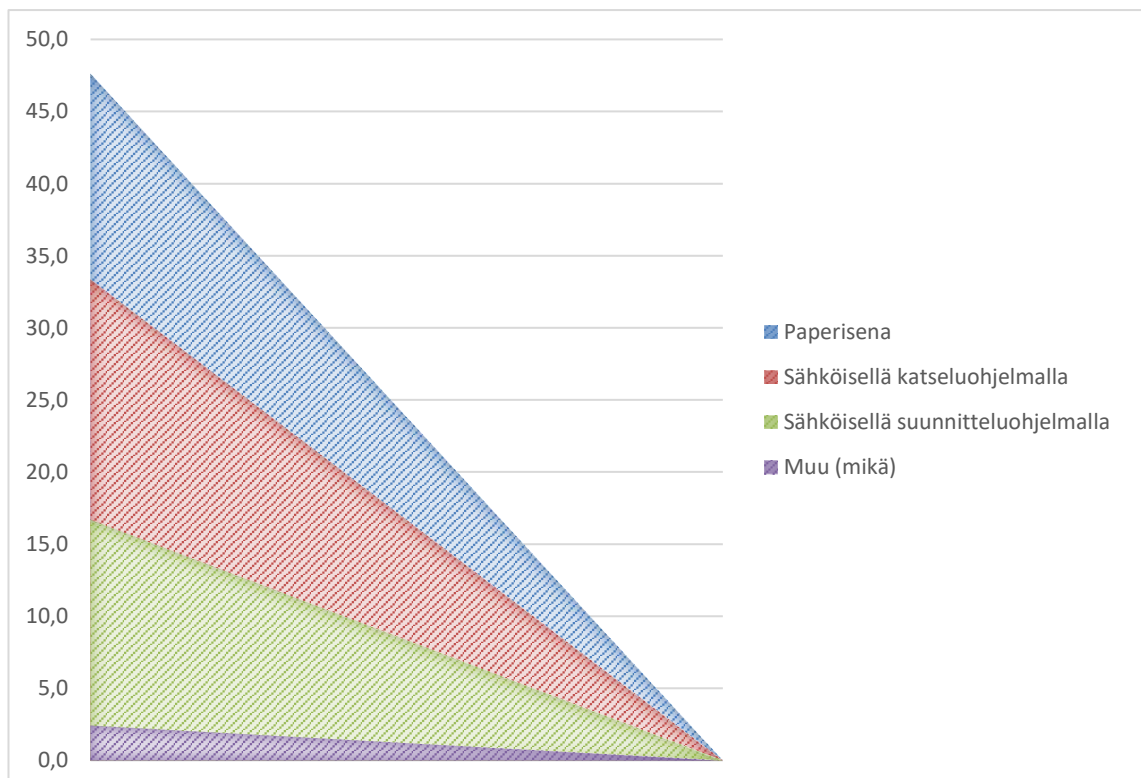
### 4 Mikä on pääasiallinen toimipaikkasi?



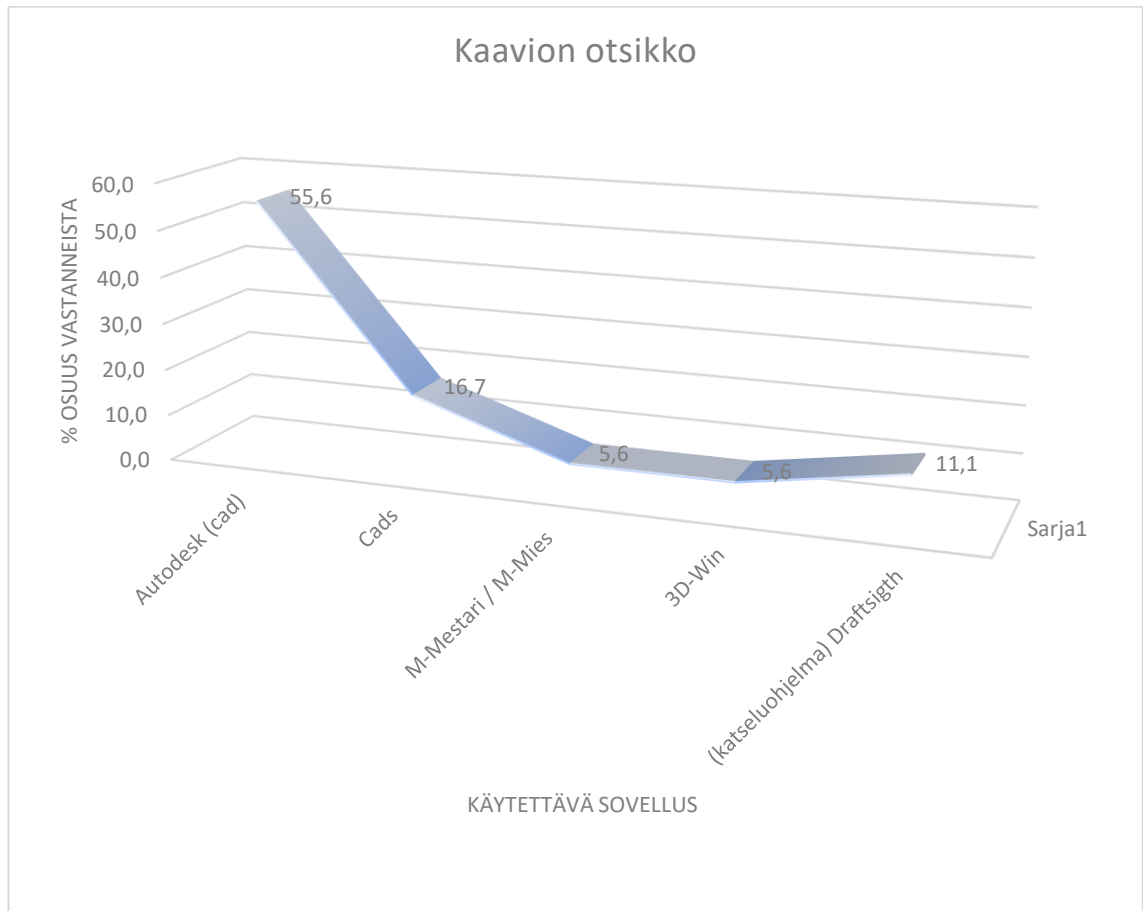
## 5 Onko työsuhteesi?



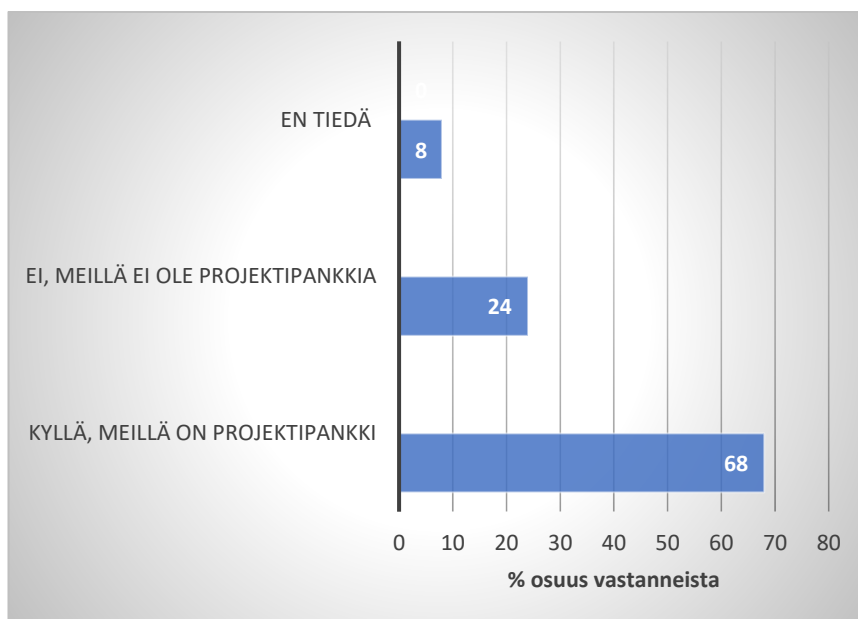
## 6 Mikä on tapa, jolla käsittelette kuvia?



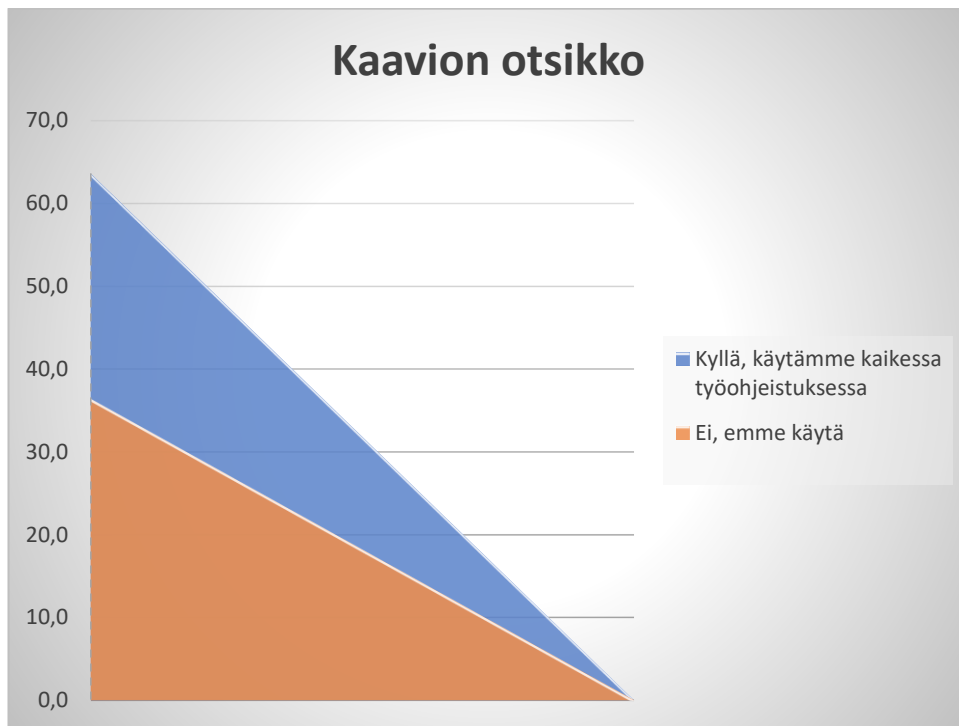
## 7 Mikä on kuvankäsittely sovelluksesi?



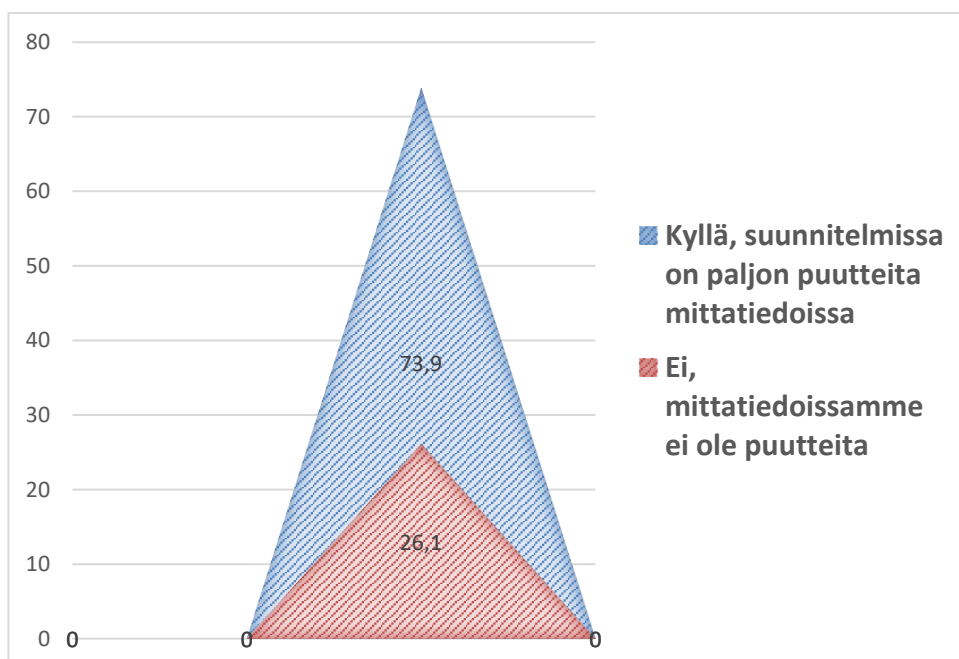
## 8 Onko käytössäne projektipankki?



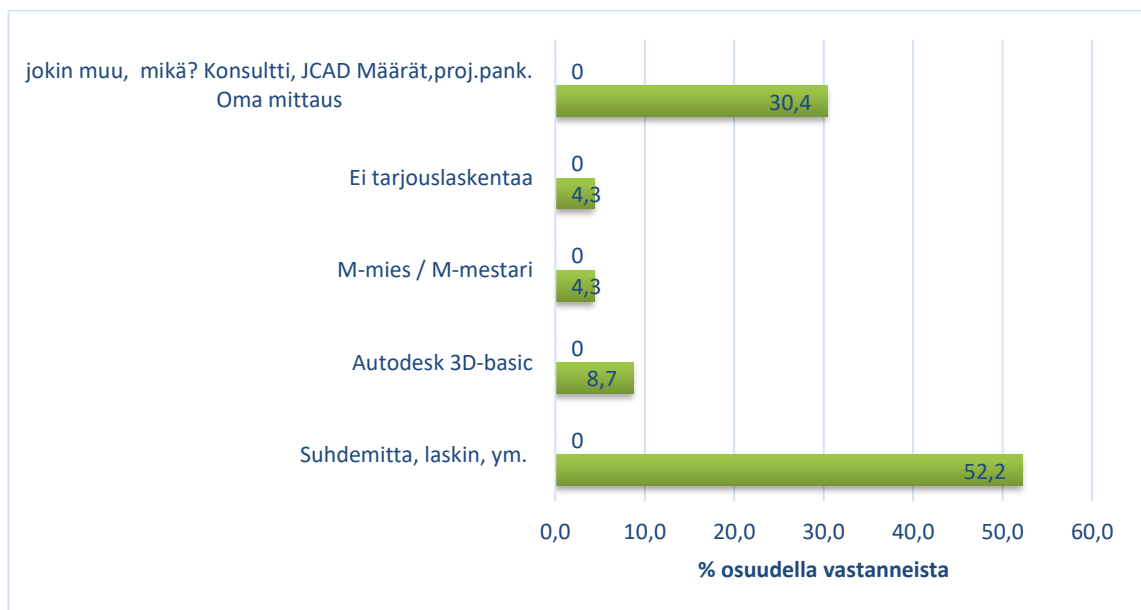
## 9 Käytättekö työssänne tulostettavia osakuvia?



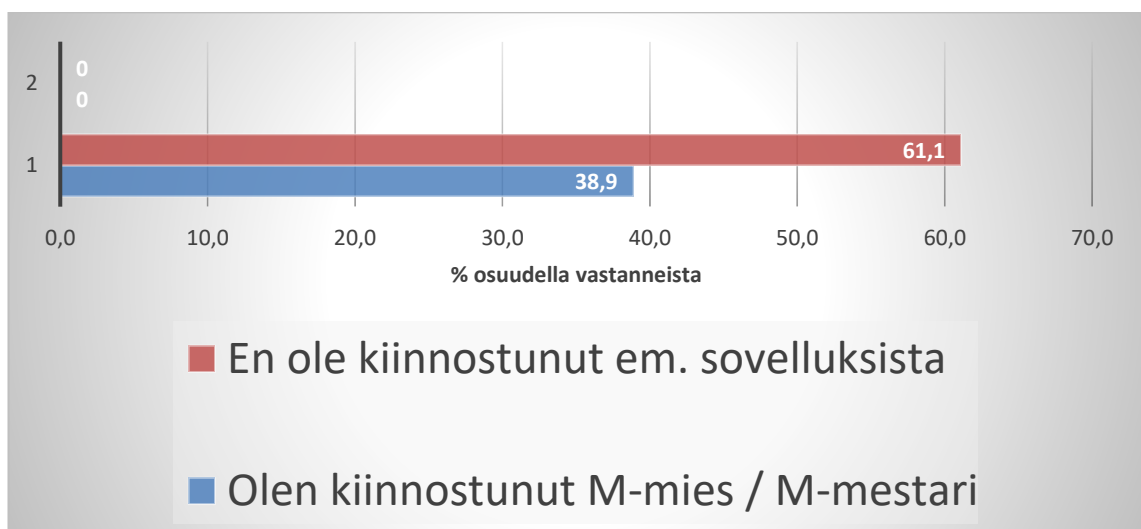
## 10 Tarvitsetteko kuvaan lisättyä mittatietoa?



**11 Minkälaisia työvälineitä käytätte, tarjouslaskennan määrätietojen hankkimiseksi?**



**12 Heräsikö kiinnostuksesi käyttää M-Mestari / M-Mies sovellusta?**



## 17 POHDINTA

Opinnäytetyö käsitteli mittaus- ja määrälaskenta ohjelmia, jotka ovat tehty helpottamaan mittaajan ja työnjohtajan jokapäiväisiä rutiiniluontoisia töitä rakennushankkeissa. 25-vuotta alan töitä tehneenä, olen viime vuosina huomannut digitalisoinnin tuovan helpotusta rutiinityöhön. Monia tietokoneella, tabletilla tai puhelimella käytettäviä sovelluksia on ilmaantunut arkityöhön, joista haluaisin opinnäytetyö-aiheen ulkopuolelta mainita Congrid-sovelluksen. Sillä voidaan tehdä asioita, jotka helpottavat huomattavasti rasittavilta tuntuvia paperitöitä, kuten TR-mittaus, reklamoinnit, itselleluovutukset jne. Sovellukseen on luotu omat raporttipohjat, sijaintitiedot, valokuvien liittämiset ym. Tässä syitä, jonka vuoksi haluan toivottaa digitalisaation ”tervetulleeksi rakentamisen jaloon seuraan”.

Tässä vaiheessa mielestäni on hyvä pohtia rakennusalan työnjohdon ja mittamiehen kesken jakautuvia tehtäviä.

Nykyisin mittaus- ja määrälaskentaohjelmien lisääntyessä, mittamiehen tehtäväksi on siirtynyt huomattava määrä tehtäviä, jotka mielestäni kuuluisivat mestarien vastuualueeseen. Tavallisimpia siirtyneitä tehtäviä on massalaskennat, tarkelaskenta ja sen oikea tulkinta, asennusvirheiden reklamointi ja näistä kaikista em. tehtävistä seuraava raportointi ja arkistointi. Tällainen tehtävien siirtyminen tietenkin johtunee mittauskoulutuksen vähäisyydestä, jota pitäisikin runsaasti lisätä ammattikorkeakoulutuksessa. Mestareille tulisi olla lisäkoulutus mittaustekniikassa, jonka suoritettuaan valmistuisi mittaustyönjohtajaksi, joko infra- tai rakennusosalalle. Koulutus voisi olla 55 opintopisteen kurssi (1 vuosi), jossa keskityttäisiin ensinnäkin piirustusten oikeaan tulkintaan, massa-, määrä- ja tarkelaskentaan, tarkelaskennan tulkintaan, erilaisten raporttien ja selvitysten tekemiseen ja käytännön mittaustyön tekemiseen takymetrillä ja mittausohjelmalla. Toteutuessaan tällainen koulutus, lisäisi huomattavasti työmailla tapahtuvan mittauksen kontrollointi osamista ja palauttaisi vastuun mittaustyön laadusta työnjohdolle.

Oman kokemukseni mukaan, nykyisin tietokoneavusteisena tehtävä mittaustyö ei ole työnjohdon hallinnassa, joten mittaustyöstä saatavaa etua ei voida hyödyntää laadullisesti eikä taloudellisesti. Näin myös saataisiin mittamiehelle lisää aikaa varsinaiseen perustyöhön ja siten mittaustyön kustannuksia alemmaksi.

Palatakseni takaisin opinnäytetyöhön, kuten monet rakennusalalla työskentelevät tietävätkin, että materiaalimäärien laskeminen on henkisesti rasittavaa työtä. Tilattavien tarvikkeiden määrät pitää olla oikein laskettuina, rakenteet on tunnettava ja hallittava materiaaleille syntyvät hukkakertoimet. Tilaus on tehtävä kerralla oikein, koska liiallinen tai liian vähäinen määrä aiheuttavat kummatkin ylimääräisiä kuluja. Liiallinen määrä aiheuttaa ymmärrettävästi ylimääräisiä kuluja, mutta ennen kaikkea se on turhaa raaka-aineiden ja energian tuhlausta maailmanlaajuisesti ajatellen. Tämä suku ei säästä ja seuraavalle ei ole mistä säästää, olen monesti kuullut sanottavan ja tämä varmasti pitää paikkansa. Joskus todellakin, tuntuu siltä, että rakentaminen aiheuttaa aivan liian suuret jätevuoret yhteiskunnalle, vain siitä syystä, että määrälaskenta on tehty hihasta vetäen. Tästä johtuen suosittelenkin kaikille hankintoja tekeville ja niistä vastaaville, työkaluksi mMestari-ohjelmaa.

mMestari on todellakin helppokäyttöinen ja sen käytön voi opetella kuka tahansa. Ohjelma on riittävän monipuolinen, rakennusalalla toimivalle työnjohtajalle, kun käyttötarve ohjelmalle todellisuudessa rajoittuu kuvien tarkasteluun, osakuvien tekemiseen ja mittojen lisäämiseen. Mutta jo hiukankin käyttöä harjoitellut, suoriutuu helposti vaativimmistakin tehtävistä, kuten esimerkiksi massa- ja määrälaskennasta, työvaihekuvista, työmaan aluesuunnitelmista ja muutostyökuviin vertailuista. Sopivaa arkistointimenetelmää käyttämällä, kuvat pysyvät järjestyksessä ja ne löytyvät tarvittaessa. Yhtenä neuvona haluan antaa kaikille ohjelman käyttäjille, joiden työ usein keskeytyy jonkun muun kommunikoinnin tai tapahtuman vuoksi. Tee työpöydälle kansio ”keskeneneräinen työ”, johon aloittaessasi tallennat työn ja poistat sen vasta työn valmistuttua, tallennettuasi sen nimellä oikeaan kansioon. Siten vältyt tiedoston turhalta etsimiseltä.

mMies ohjelmaa olen huomattavasti enemmän käyttänyt työelämäni aikana. Mittaajan työt aloitin vuonna -83, josta lähtien olen toiminut säännöllisen epäsäännöllisesti mittamiehenä erilaisilla työmailla. Suoritin erikoisammattitutkinnon ”Vaativat rakennusmittaukset” vuonna 2011, tuona aikana ja sen jälkeen, ohjelma tuli kohtalaisen tutuksi työkaluksi.

Itse olen pitänyt ohjelmaa, ainoana ja oikeana mittausohjelmana rakennusmittauksessa. Muitakin ohjelmia olen joutunut mMies-sovelluksen puuttuessa käyttämään, 3D-Win, mittausohjelmista tunnetuimmaksi sanottu, on kehitetty lähinnä infra-rakentamiseen. Rakennusmittauksessa se on melko kömpelö, mutta kuitenkin toimiva. Toinen paljon käytetty on Autodesk LT, joka on suosittu edullisuutensa vuoksi, mutta pahana ongelmana

siinä on Z-ulottuvuuden puuttuminen. Z-ulottuvuus, kun rakentamisessa ja yleensä mittauksessa on ehdottoman tärkeä asia.

Opinnäytetyössä käyttämäni uusimpaan ohjelma-versioon olin erittäin tyytyväinen. Siihen tehtyjen muutosten ansiosta mm. 3D- mallintamisesta, tuli mielestäni huomattavasti helpompaa. Työpöytä tuntui laajemmalta, kun työkalurivi oli viety sen yläreunaan. Tietenkin kaikki vanhempien versioiden, hyvät toiminnot oli säilytetty.

Suosittelen vilpittömästi mMies ohjelman käyttöä mittaustyössä ja mMestaria käytettäväksi rakennusalan työnjohdolle.



## LÄHTEET

<https://www.mmies.fi/yhteystiedot/>

M-Mies oy, power point-esitys Rateko

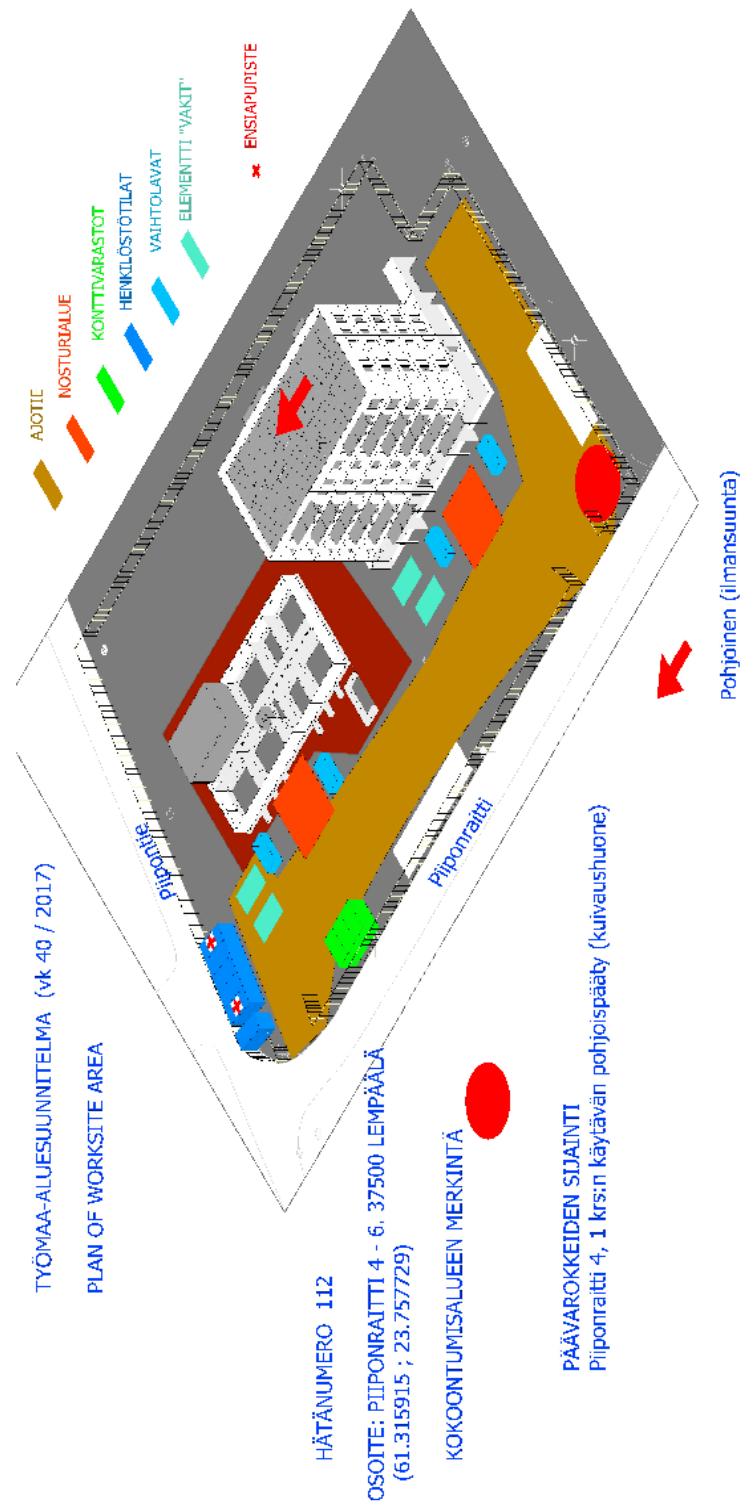
[https://en.wikipedia.org/wiki/Helmert\\_transformation](https://en.wikipedia.org/wiki/Helmert_transformation)

Rakennesuunnittelutoimisto PL, suunnittelija Pekka Lehtinen DI

<http://www.geocenter.fi/blogi/joulutarina-gt-formaattista/>

**LITTEET**

## Liite 1. Työmaa-alue suunnitelma



Kuva 1, liitteessä 1

Työmaa-alue suunnitelma

## Liite 2. Mittaustyön tehtäväsuunnitelma

YRITYS oy  
Pekka Vesa-Kangasniemi  
Tarkantie 6 – 8 A 9  
35300 Orivesi  
+358405771812  
vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 1(11)  
Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

## TEHTÄVÄSUUNNITELMAN AIHE

### Sisältö

1. Kohdetiedot
2. Työsisältö
3. Aikataulu
4. Kustannukset
5. Laatuvaatimukset
6. Usein esiintyviä ongelmia, POA
7. Logistiikka
8. Koneet, kalusto, työvälineet
9. Työturvallisuus
10. Laadunvarmistus

YRITYS oy  
Pekka Vesa-Kangasniemi  
Tarkantie 6 – 8 A 9  
35300 Orivesi  
+358405771812  
vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 2(11)  
Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

**LIITTEET**

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 3(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta  
 28.4.2018

## 1. Kohdetiedot

AsOy Mallitalo  
 Mittamiehenkatu 2, 35300 Orivesi

## 2. Työsisältö

As Oy Mallitalon mittaustyöt

Mittaustyö Luoti ja Passi oy

Vastaava työnjohtaja Matti Mallikas, Rakennusliike M. Mallikas oy

**Työryhmä:** Mittaaja Timo Toimelias (EAT)

**Työn laajuus:** Liite 1, Listaus mittaustyön sisällöstä

**Urakkarajat:** Takymetrillä tehtävät mittaukset, rakennuksen runkovaiheen elementiasennuksen loppuun.

**Urakkarajat** vastaa Rakennusliike M. Mallikas oy:n ja Mittaustyö Luoti ja Passi oy:n yhdessä neuvoteltua ja allekirjoitettua urakkasopimusta (22.1.2018)

Tehtävän suoritus

**Alkutila:** Rakennuslupa myönnetty, tyhjä rakentamaton tontti ja kunnan toimittamat kiintopisteet merkittyinä ja pistetiedot selvitettyinä tilaajan toimesta. Projektipankin tunnukset luovutettu mittaajalle ja dwg-suunnitelmat lisättyinä projektipankissa. Työmaasähkö käytettävissä. Maanrakennustyön edettyä toimistotilojen käyttöönottoon, varataan mittaajalle toimistotila jossa on toimiva tiedonsiirtoverkko. Mittaustyö voidaan aloittaa.

**Työn aikana:** Tilaaja huolehtii tarvittavasta nostokalustosta ja sen aiheuttamista kustannuksista. Näkyvyyttä haittaavien esteiden poistamisesta ja niistä aiheutuvista kustannuksista.

Mittaaja suorittaa mittaustyön sisällön mukaiset mittaus-, merkintä-, kartoitus-, tarkemittausta-, massanlaskenta-, raportointi- ja arkistointityöt.

**Lopputila:** Runkovaiheen elementiasennus on loppuun suoritettu mittaustyön osalta ja työ on hyväksytysti vastaanotettu.

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 4(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

### 3. Aikataulu

#### Aikataulu tarkistus

Mittaustyössä noudatetaan maanrakennus- ja runkotyövaiheelle laadittuja aikatauluja, jotka on esitetty mittaajalle esitetty ja luovutettu urakkasopimuksen liitteinä. Tilaaja vastaa aikataulujen paikkansa pitävydestä ja mittaaja noudattaa aikatauluja työsuorituksensa osalta.

Mittaustyössä noudatetaan työvaiheiden vaatimaa suoritusjärjestystä.

**Tuotantonopeus:** 2 krs / vk

**Välitavoitteet:** vk 22 Maanrakennusvaiheen mittaukset valmiina, vk 25 perustustyöt ja alapohjan elementtiasennus on valmis, vk 31 3.krs:n elementtiasennustyö on valmis.

**Työmenekkilaskenta:** Työaikaa on laskettu käytettävän keskimäärin 12 h / vk työmaalla tapahtuvaan mittaustyöhön ja toimistossa tehtävään työhön 8 h / vk

**Tarvittava työryhmä:** 1 RAM

YRITYS oy  
Pekka Vesa-Kangasniemi  
Tarkantie 6 – 8 A 9  
35300 Orivesi  
+358405771812  
vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 5(11)  
Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta  
28.4.2018

#### 4. Kustannukset

##### Tavoitearvion summa

Työkustannukset: 25.400,00 € / alv 0%

Materiaalikustannukset: 500,00 € / alv 0%

Kalustokustannukset: 1.000,00 € / alv 0%

##### Toteutuneet kustannukset: työ + materiaali + kalusto (arvio laskutustyöstä)

Työkustannukset: 22.000,00 € / alv 0%

Materiaalikustannukset: 700,00 € / alv 0%

Kalustokustannukset: -----

Vrt. tavoitearvion: 26.900,00 € / alv 0% – 22.700,00 € / alv 0% = 4200,00 € / alv 0%.



YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 6(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta  
 28.4.2018

## 5. Laatuvaatimukset

### Laatuvaatimuksissa noudatettavat asiakirjat (vähimmäisvaatimukset)

MaaRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt.

RunkoRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt

### Työntekemisen ohje = toiminnalliset vaatimukset (muista myös turvallisuusvaatimukset)

Pistemerkinnät suoritetaan: kivi- ja betonimateriaaleihin lyöntiniitillä (L<sup>2</sup>), puumateriaaliin ristipääkantisella ruuvilla ja maahan puupaaluna 50 X 50 mm, jotka kaikki tulee maalata huomiovärillä.

Mittaajan tulee noudattaa kaikkia työturvallisuuslain määräämiä ohjeita työvaatetuksesta, työskentelystä, putoamissuojauksesta, ym. sekä huomioida, ohjeistaa ja varoittaa muita työmaalla liikkuvia henkilöitä laser-valon vaaroista ja suojautua itse sen silmille haitalliselta valosäteeltä.

### Mittatarkkuusvaatimukset

Merkintä ja tarkemittaus tarkkuus ±3 mm.

Mittalaitteen askelmoottorin tarkkuus oltava vähintään ±2".

Mittalaitteesta on esitettävä alle vuoden ikäinen kalibrointitodistus.

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 7(11)  
 Malli, mittauksen tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

## 6. Usein esiintyviä ongelmia, eli POA (potentiaalisten ongelmien analyysi)

Mieti todennäköiset ongelmat työssä, luokittele ja aseta tärkeysjärjestykseen. Mieti myös tehokas ennaltaehkäisy ja toteutumiskelpoinen varasuunnitelma - huomioiden kohdekohtaiset tekijät.

Ongelma	Hälytin	Torjunta	Korjauskeino
<b>Toiminnalliset ongelmat</b>			
- sää	- runsas vesilumisade	- toimitaan mahdollisuuksien mukaan	- suojaudutaan asianmukaisin varustein
- Useita eri mittalaitteita samalla alueella.	- lähialueella tapahtuva rakennustoiminta.	- palaveroidaan muiden alueella toimivien mittaajien kesken.	- käytetään eri radiotaajuuksia tai toimitaan eri aikoina
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
<b>Tekniset ongelmat</b>			
- sää	- runsas vesilumisade	- toimitaan mahdollisuuksien mukaan	- suojataan mittauslaitteisto katoksella tai orientoidaan laitteisto suojaiseen paikkaan.
- mittausvirhettä	- mittauspoikkeamaa eri orientointi kerroilla	- kiintopisteiden tarkastus	- kiintopisteiden sijainti korjaus
- mittausvirhe ei poistu	- mittauspoikkeamaa eri orientointi kerroilla	- laitteisto kalibrointi	- suoritetaan työmaa kalibrointi
-	-	-	-
-	-	-	-

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 8(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

## 7. Logistiikka

### Nosto- ja siirtokaluston tarve

Tarrapisteitä lisättäessä korkealle, tilaaja hankkii ja kustantaa nostokaluston.

---

Tarrapisteitä lisättäessä rakennusalueen ulkopuolelle, tilaaja hankkii luvat lisäämiselle ja siihen tarvittavan kaluston.

---

Työmaaliikenteen ohjaus suoritetaan yhdessä mittaajan ja tilaajan kanssa

---

## 8. Koneet, kalusto, työvälineet

**Tarvittavat työvälineet** Urakoitsija hankkii

---

**Tarvittavat työkoneet** Urakoitsija hankkii

**Kohteen erityisvaatimukset** Kohteeseen asennetaan märkätila- ja hormielementit joiden keskinäinen korkeusasema tarkastetaan kaikkien märkätilaelementtien kohdalla ja poikkeamista on raportoitava välittömästi runkotyövaiheen työnjohdolle.

---

Kohde perustetaan teräsbetonipaalujen varaan, paalukenttä kartoitetaan ja paalujen sijaintitiedot ilmoitetaan pää- ja rakennesuunnittelijalle mittaajan toimesta.

---

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 9(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta  
 28.4.2018

## 9. Työturvallisuus

**Työturvallisuusvastuuhenkilöt:** Työsuojelupäällikkö Sami Laitela, Rakennuttaja oy:stä;  
 työturvallisuuskoordinaattori Seppo Multala, Valvonta oy:stä; työturvallisuudesta ja -suojelusta vastaa ja  
 huolehtii vastaava työnjohtaja Matti Mallikas, Rakennusliike Mallikas oy:stä ja työsuojeluvalluutettuna toimii  
 Mikko Luotto, Rakennusliike Mallikas oy:stä

---

Työmaa- ja turvallisuussuunnitelma (tehtäväsuunnitelman liitteenä)

---

**Työturvallisuusmittaukset:** TR-mittaus suoritetaan säännöllisesti viikon välein ja  
 mittaustulokset asetetaan nähtäväksi työnjohto- ja ruokailutiloihin. Mittaus suoritetaan Congrid-ohjelmalla.

---

**Tarvittavat henkilökohtaiset suojaimet:** Huomiovaatetus, turvakengät, suojakypärä, kuulo- ja  
 silmäsuojaimet ja näkyvillä oleva henkilötunnistuskortti.

---

Erityissuunnitelmien tarve Ei ole

---

Kohteen ja tehtävän erityiset turvallisuusriskit Ei ole

---

YRITYS oy  
 Pekka Vesa-Kangasniemi  
 Tarkantie 6 – 8 A 9  
 35300 Orivesi  
 +358405771812  
 vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 10(11)  
 Malli, mittaustyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

## 10. Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksen vastuuhenkilö: Runkotyövaiheen työnjohto

Laadunvarmistustavat ja dokumentointi

<b>Aloituspalaveri</b>	(aloituspalaverin asialista)
<b>Tarkastukset</b>	Mittalaitteiden kalibrointitodistukset
<b>Mittaukset</b>	Tarkemittausraportit sopimusliitteenä olevan työlistauksen mukaisesti. Tarvittaessa avataan toteuma-mittaus kansiot mittaustarkkuuden toteamiseksi.
<b>Aikataulun ohjaus</b>	Aikataulu muutoksista ilmoitetaan 3 – 5 työpäivää ennen.
<b>Kustannusten seuranta</b>	Kerran kuukaudessa tapahtuvalla laskutuksella, joka sisältää hyväksytyt listauksen kuukauden työsuorituksista.
<b>Palaverit, kokoukset ja niissä käsiteltävät asiat</b>	Palaverejä pidetään tarvittaessa, mutta kuitenkin aina välitavoitteeseen pääsyn yhteydessä.

Tekijä ja päiväys

**Rkm Pekka Vesa- Kangasniemi**  
 Lempäälässä 24.3.2017

## LIITTEET

1. Liite Työmenekkilaskelma (malli, tesu\_laskelma.xls) Tekijä, pvä

YRITYS oy  
Pekka Vesa-Kangasniemi  
Tarkantie 6 – 8 A 9  
35300 Orivesi  
+358405771812  
vesa.kangasniemi@gmail.com

TEHTÄVÄSUUNNITELMA 11(11)  
Malli, mittausyön tehtäväsuunnitelmasta

28.4.2018

**Muistipanoja:**

Tässä liitteessä mallina tiedostokansioisto, jota käytettäessä laadunvarmistuksen dokumentointi on riittävä.

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Alkuperäiset

ARK	(DWG)	RAK	(DWG)		
Alue	asema	Perustus	pohja	Hormit	AP
	pinnantasaus		leikkaus		1. krs
			leikkaus		2. krs
Pohja	1. krs	Elementtikaaviot	AP		3. krs
	2. krs		1. krs		4. krs
	3. krs		2. krs		5. krs
	4. krs		3. krs		YP
	5. krs		4. krs		VK
	6. krs		5. krs		Leikkaus
Leikkaus	yleis A-A		6. krs	Hissi	AP
	porras		YP		1. krs
VSS	pohja	Elementtikuvat	sokkeli		2. krs
	leikkaus		US		3. krs
	leikkaus		VS		4. krs
Vesikatto	pohja		Parveke		5. krs
	leikkaus		Pilari		6. krs
	leikkaus				YP
LVI	asema	Laatastot	AP		VK
			1. krs	Porras	1. krs
Sähkö	asema		2. krs		2. krs
			3. krs		3. krs
			4. krs		4. krs
			5. krs		5. krs
			6. krs		6. krs
			YP		Leikkaus

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Muokatut

ARK	(DXF)	RAK	(DXF)
Alue	asema	Perustus	pohja
	pinnantasaus		
Pohja	1. krs	Elementtikaaviot	AP
	2. krs		1. krs
	3. krs		2. krs
	4. krs		3. krs
	5. krs		4. krs
	6. krs		5. krs
			6. krs
			YP
Leikkaus		Laatatot	AP
			1. krs
			2. krs
			3. krs
			4. krs
			5. krs
			6. krs
			YP
VSS	pohja		
Vesikatto	pohja		
LVI	asema		
Sähkö	asema		
		Hormit	AP
			1. krs
			2. krs
			3. krs
			4. krs
			5. krs
			6. krs
			YP
			VK
		Hissi	AP
			1. krs
			2. krs
			3. krs
			4. krs
			5. krs
			6. krs
			YP
			VK
		Porras	1. krs
			2. krs
			3. krs
			4. krs
			5. krs
			6. krs



## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Mittapisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Perustus	<table border="1"> <tr><td>Valu 1</td></tr> <tr><td>Valu 2</td></tr> <tr><td>Valu 3</td></tr> <tr><td>peruspultit</td></tr> </table>	Valu 1	Valu 2	Valu 3	peruspultit				
Valu 1									
Valu 2									
Valu 3									
peruspultit									
Elementtiasennus US, VS	<table border="1"> <tr><td>AP</td></tr> <tr><td>1. krs</td></tr> <tr><td>2. krs</td></tr> <tr><td>3. krs</td></tr> <tr><td>4. krs</td></tr> <tr><td>5. krs</td></tr> <tr><td>6. krs</td></tr> </table>	AP	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	6. krs	
AP									
1. krs									
2. krs									
3. krs									
4. krs									
5. krs									
6. krs									
Laatatot Ontelo	<table border="1"> <tr><td>AP</td></tr> <tr><td>1. krs</td></tr> <tr><td>2. krs</td></tr> <tr><td>3. krs</td></tr> <tr><td>4. krs</td></tr> <tr><td>5. krs</td></tr> <tr><td>6. krs</td></tr> </table>	AP	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	6. krs	<p>alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto  alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto  alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto  alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto  alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto  alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto</p>
AP									
1. krs									
2. krs									
3. krs									
4. krs									
5. krs									
6. krs									
Massiivi	<table border="1"> <tr><td>AP</td></tr> <tr><td>1. krs</td></tr> <tr><td>2. krs</td></tr> <tr><td>3. krs</td></tr> <tr><td>4. krs</td></tr> <tr><td>5. krs</td></tr> <tr><td>6. krs</td></tr> </table>	AP	1. krs	2. krs	3. krs	4. krs	5. krs	6. krs	<p>alapinnan korkeusasema 1 / käytävä  alapinnan korkeusasema 1 / käytävä  alapinnan korkeusasema 1 / käytävä  alapinnan korkeusasema 1 / käytävä  alapinnan korkeusasema 1 / käytävä  alapinnan korkeusasema 1 / käytävä</p>
AP									
1. krs									
2. krs									
3. krs									
4. krs									
5. krs									
6. krs									

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Mittapisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Hornit	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP
	VK

Hissi	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP
	VK

Porras	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

Märkätila elem.	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Toteumapisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Perustus	Valu 1	
	Valu 2	
	Valu 3	
	peruspultit	
Elementtiasennus US, VS	AP	
	1. krs	
	2. krs	
	3. krs	
	4. krs	
	5. krs	
	6. krs	
Laatatot Ontelo	AP	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	1. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	2. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	3. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	4. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	5. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
	6. krs	alapinnan korkeusasema 1 / huoneisto
Massiivi	AP	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	1. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	2. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	3. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	4. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	5. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä
	6. krs	alapinnan korkeusasema 1 / käytävä

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Toteumapisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Hormit	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP
	VK

Hissi	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP
	VK

Porras	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

Märkätila elem.	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Tarkepisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Perustus	peruspultit
----------	-------------

Elementtiasennus US, VS	AP
	1. krs
	3. krs
	5. krs
	6. krs

Hornit	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

Hissi	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP

Porras	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs

Märkätila elem.	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

37      CSV  
tiedostoa

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Tarkelaskennan kuvantaminen

(DWG)

Perustus	peruspultit
----------	-------------

#### Elementtiasennus

US, VS

AP

1. krs

3. krs

5. krs

8. krs

Hormit

AP

1. krs

2. krs

3. krs

4. krs

5. krs

8. krs

Hissi

1. krs

2. krs

3. krs

4. krs

5. krs

8. krs

YP

Porras

1. krs

2. krs

3. krs

4. krs

5. krs

Märkätila elem.

1. krs

2. krs

3. krs

4. krs

5. krs

8. krs

37 DWG  
kuvatiedostoa

## Työmaa AsOy Mallikas

(Tietokoneelle)

### Tarkelaskennan taulukot

(XLSX)

Perustus	peruspultit
----------	-------------

Elementtiasennus US, VS	AP
	1. krs
	3. krs
	5. krs
	6. krs

Hornit	AP
	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

Hissi	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs
	YP

Porras	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs

Märkätila elem.	1. krs
	2. krs
	3. krs
	4. krs
	5. krs
	6. krs

## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Tarkelaskennan raportit

(PDF)

Perustus	peruspultit
----------	-------------

Elementtiasennus	
------------------	--

US, VS	AP
--------	----

1. krs
--------

3. krs
--------

5. krs
--------

6. krs
--------

Hormit	AP
--------	----

1. krs
--------

2. krs
--------

3. krs
--------

4. krs
--------

5. krs
--------

6. krs
--------

Hissi	1. krs
-------	--------

2. krs
--------

3. krs
--------

4. krs
--------

5. krs
--------

6. krs
--------

YP
----

Porras	1. krs
--------	--------

2. krs
--------

3. krs
--------

4. krs
--------

5. krs
--------

Märkätila elem.	1. krs
-----------------	--------

2. krs
--------

3. krs
--------

4. krs
--------

5. krs
--------

6. krs
--------



## Työmaa AsOy Mallikas (Tietokoneelle)

### Kartoituspisteet

esim.  
csv-tiedostoja

Rakennusalueen (kaivanto/louhinta)	
Rakennusalueen (täyttö)	
PVK-, SVK-, viemäri- ja tarkastuskaivojen sijainti	
Valmiin pihan tarkastus	
Paalutus (teräsbetoni)	

### Massalaskenta

esim.  
xlsx-tiedostoja

Rakennusalueen (kaivanto/louhinta)	
Rakennusalueen (täyttö)	

### Kartoitusten kuvantaminen

esim.  
dwg-tiedostoja

PVK-, SVK-, viemäri- ja tarkastuskaivojen sijainti	
Valmiin pihan tarkastus	
Paalutus (teräsbetoni)	

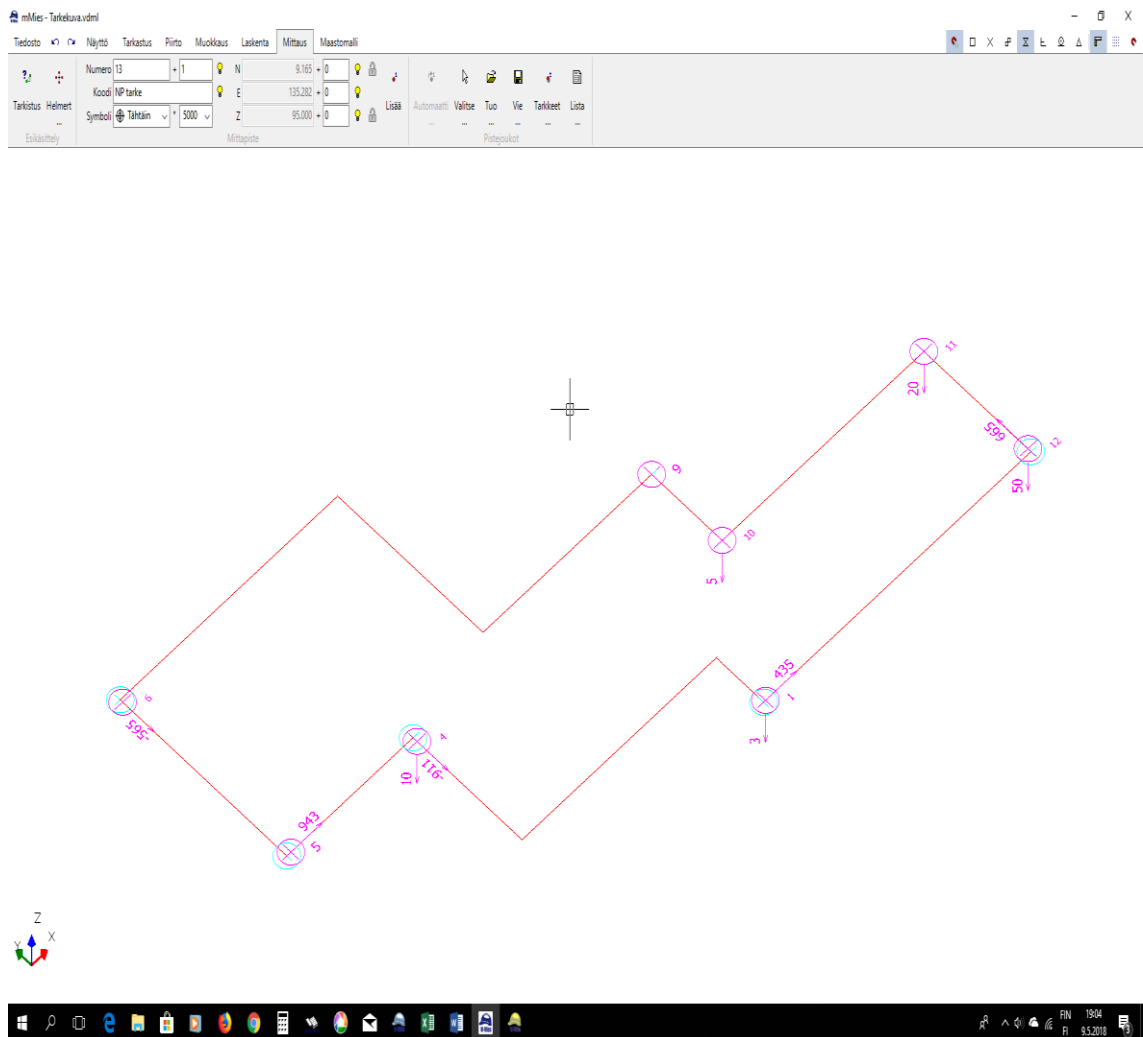
- |   |                   |
|---|-------------------|
| 5 | CSV<br>tiedostoa  |
| 2 | XLSX<br>tiedostoa |
| 3 | DWG<br>tiedostoa  |

Tämä tiedostokansio-malli, perustuu opinnäytetyö alussa mainitun vuokratalo Tikankolon mittaustyöhön ja sen dokumentoitaviin mittaustyön asiakirjoihin. Mallissa luotiin 443 kappaletta erilaisia kansioita.

## Liite 4. Tarkemittauksen taulukkolaskenta ja kuvantaminen

1 (3)

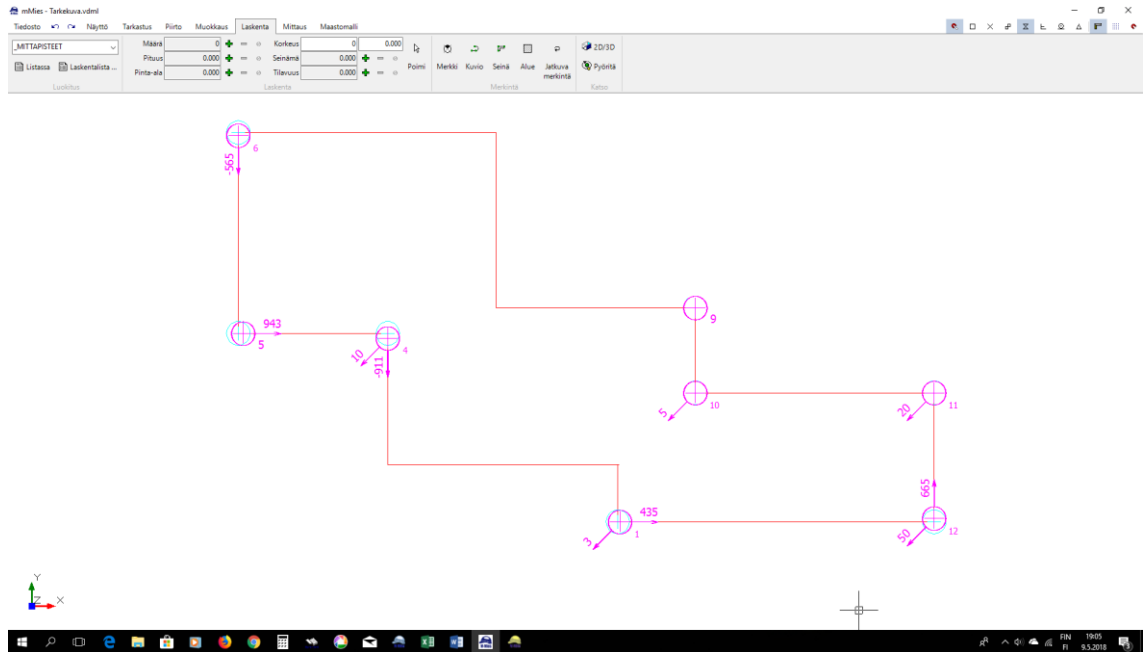
Tarkemittaus tapahtuu M-Mies ohjelmalla siten, että kuvaan tuodaan mittauspisteiden tiedosto ja tarke- tai toteumatiedosto, josta jälkimmäisistä tiedostoista halutaan tietää poikkeamien suuruudet suhteessa suunniteltuun. Tarkelaskentaan siis avataan mittaustiedosto ja tarketiedosto (toteuma), jonka jälkeen kerrotaan ohjelmalle pistetietojen käsittelytapa. Käsittelytapa voi olla mittapisteiden järjestysluvun mukaisesti tai lähimmäksi osuvan pisteen mukaisesti. Ohjelmalle annetaan tiedot käytettävistä toleransseista ja kuinka kaukana piste voi olla suunnitellusta, tullakseen tarkelasketuksi.



Kuva 1, liitteessä 4

Tarkelaskennan kuvantaminen 3D- mallinnettuna.

Kuvantaminen voi olla myös 2D- mallina



Kuva 2, liitteessä 4

2D-mallinnus tarkelaskennasta

Tarkelaskennan poikkeamat voidaan siirtää ohjelmasta taulukkolaskenta ohjelmaan ja tarkastella poikkeamia numeerisessa muodossa.

**TARKELISTA    mMies - Tarkekuva.vdml**

<b>Numero</b>	<b>N</b>	<b>E</b>	<b>Z</b>	<b>dN</b>	<b>dE</b>	<b>dZ</b>
1	8,5	74,76	95,003	0	435	3
4	43,241	30,013	95,01	-911	0	10
5	44,152	2,165	95,002	0	943	0
6	81,601	1,222	95	-565	0	0
9	48,988	89,283	95	0	0	0
10	32,905	89,283	95,005	0	0	5
11	32,905	135,282	95,02	0	0	20
12	9,165	135,282	95,05	665	0	50

Tässä tarkelaskennassa käytettiin mielikuvituksellista kuviota esimerkkinä ja tarkemittauspisteiden luonti tehtiin tarkoituksellisesti suurilla poikkeamilla. Poikkeamat ovat rakennusmittauksessa yleisesti välillä 1 – 10 mm.

Liite 5. ”Työlista” mallilomake mittaustyölle, liitettäväksi laskutustyösopimukseen ja tehtäväsuunnitelmaan.

1 (3)

### Luettelo As Oy Mallitalon työmaalla tehtävistä mittaus- ja laskentatehtävistä

	Tehtävä	Merkintä				Aika				Lisätieto
		Kartoitus	Toteuma	Tarke	Laskenta	Raportti	arvio			
1	Työmaa-alueen aitauksen sijainti	x							1	
2	Toimisto- ja sosiaalitilojen sijainti	x							0,25	
3	Autopaikkojen sijainti	x							1	
4	Työaikaisten ajoteiden sijainti	x							1	
5	Työmaan sähköpääkeskuksen sijainti	x							0,1	
6	em. Kaivantojen sijainti	x		x					0,3	
7	Työmaan päävesipisteen sijainti	x							0,1	
8	em. Kaivantojen sijainti	x		x					0,3	
9	Työmaan pääviemärin sijainti	x							0,1	
10	em. Kaivantojen sijainti	x		x					0,3	
11	Kaukolämpö kaivantojen sijainti	x		x					0,3	
12	Varastotilojen sijainti	x								
13	Torninosturin ja radan sijainti	x				x			3	Loadman kantavuuskoe
14	Mobiilinosturien sijainti	x				x			2	Loadman kantavuuskoe
15	Rakennusalueen (kaivanto/louhinta)	x			x		x		4	massa- ja louhintamäärät
16	Rakennusalueen (täyttö)	x			x		x		3	Loadman kantavuuskoe
17	PVK-, SVK-, viemäri- ja tarkastuskaivojen sijainti	x			x				4	
18	"Molokkien" sijainti	x							1	
19	Autolämmityspaikkojen sijainti	x							1	
20	Leikki- ja virkistysalueiden sijainnit ja korko	x							2	
21	Huolto- ja kävelyteiden sijainnit ja korko	x							4	
22	Pintavaa'ituksen sijainti ja korko	x							6	
23	Reunakivi sijainnit									
24	AB- ja pihakivialueiden sijainnit	x			x				3	AB ja pihakivi alat
25	Valmiin pihan tarkastus	x				x			8	

	Tehtävä	Merkintä	Kartoitus	Toteuma	Tarke	Laskenta	Raportti	Aika		Lisätieto
								arvio	6	
26	Paalutus (terasbetoni)	x	x		x		x			Suunnittelijalle
27	Paalutus (putki)									Suunnittelijalle
28	Paalutus (poraputki)									Suunnittelijalle
29	Perustusten sijainti ja korko (nauha-anturat)	x		x				6		
30	Perustusten sijainti ja korko (laatta-anturat)	x								
31	Perustusten sijainti ja korko (pilarianturat)	x		x				6		Peruspulkit
32	Perustusten sijainti ja korko (paalu-anturat)									
33	Perustusten sijainti ja korko (hissikuilu)	x		x				1		
34	Nostojen sijainti ja korko	x		x				4		
35	Sokkelelementtien sijainti ja korko	x		x		x		12		Varmistus
36	VS-anturat	x		x				0,5		
37	Kantavien VS-elementtien sijainti (AP)	x		x				4		
38	Maanvarainen laatta ( vahvistukset, korot)	x		x				1		
39	PV-hohvin korot, VS:n sijainti ja läpiviennit	x		x				6		
40	Massiivilaatat sijainti ja korko (tuulettuva AP)	x		x				1		
41	Ontelolaatasto korko (tuulettuva AP)									
42	Hormi sijainti ja korko ( elpo-lähtöpalat)	x		x		x		4		Varmistus
43	Hissikuilun pohja sijainti ja korko	x		x				1		
44	Pilarirungon pystytys									sijainti ja pystysuoruus
45	Sokkeililisen US-rungon pystytys (korkea elem.)									sijainti ja pystysuoruus
46	ed. Parvekepilarien pystytys	x		x				3		sijainti ja pystysuoruus
47	VSS-pohjalaatta (sijainti, korko, tartuntapisteet)	x		x				1		
48	VSS-seinät (sijainti, korko, tartuntapisteet)	x		x				2		
49	VSS- hohvi (korko)	x						0,5		
50	VSS-läpiviennit	x		x		x		3		Varmistus

	Tehtävä	Merkintä	Kartoitus	Toteuma	Tärke	Laskenta	Raportti	Aika arvio	Lisätieto
51	US-elementtien sijainti ja korkeus	x		x	x			3	Varmistus, joka toinen krs.
52	Merenpinta korkeus ( US-sisäpinta, 1-2 kp/ielem.)	x						3	
53	Porras välitasanne (sijainti ja korkeus)	x		x				0,5	
54	Porrassyöky alempi (lähtökorkeus ja sijainti)	x		x	x			0,7	Varmistus
55	Porrassyöky välitaso (päättökorkeus ja sijainti)	x		x	x			0,7	Varmistus
56	Porrassyöky välitaso (lähtökorkeus ja sijainti)	x		x	x			0,7	Varmistus
57	Porrassyöky ylempi (päättökorkeus ja sijainti)	x		x	x			0,7	Varmistus
58	Kierreporras keskipiste (sijainti ja korkeus)	x		x	x				Varmistus
59	Hissikuilu (sijainti ja korkeus)	x		x	x			1	Varmistus
60	Hormielementtien (sijainti ja korkeus)	x		x	x			4	Varmistus
61	Märkätilaelementtien (sijainti ja korkeus)	x		x	x			4	Varmistus
62	Kantavien VS-elementtien ( sijainti ja korkeus)	x		x	x			4	Varmistus, joka toinen krs.
63	Täsmätoimitusten (sijainti) tilavaraus	x						3	
64	Massiivilaatat sijainti ja korko (tuulettuva AP)	x						1	
65	PV-holvien korot, VS:n sijainti ja läpiviennit	x		x				6	
66	Ontelolaatasto korko (tuulettuva AP)								
67	Kevyet väliseinät ontelolaatastolle								
68	Parvekelaattojen sijainti ja korkeus	x		x				2	
69	Muu								
70	Muu								
71	Muu								
72	Muu								
<b>Tehtävät 51 - 72 toistetaan kerrosluvun mukaan.</b>									
			Kerroslukumäärä		6			314	tuntia





ETRS GK 24 koordinaatiston luvut ovat hyvin pitkiä ja siksi hankalia käyttää, mikäli niitä on syötettävä ”käsini”, eli näppäimistöllä kirjoitettuna. Käsini syötössä on aina riski näppäilyvirheeseen, joka tapahtuessaan aiheuttaa sen, että mitattava piste sijoittuu merkittäväksi väärään kohtaan tai orientoitaessa laitteistoa orientoititarkkuus kasvaa liian suureksi tai laite ilmoittaa orientoinnin epäonnistuneen.

Seuraavassa listaus, kuvan 1. sisältämistä koordinaatti-luvuista.

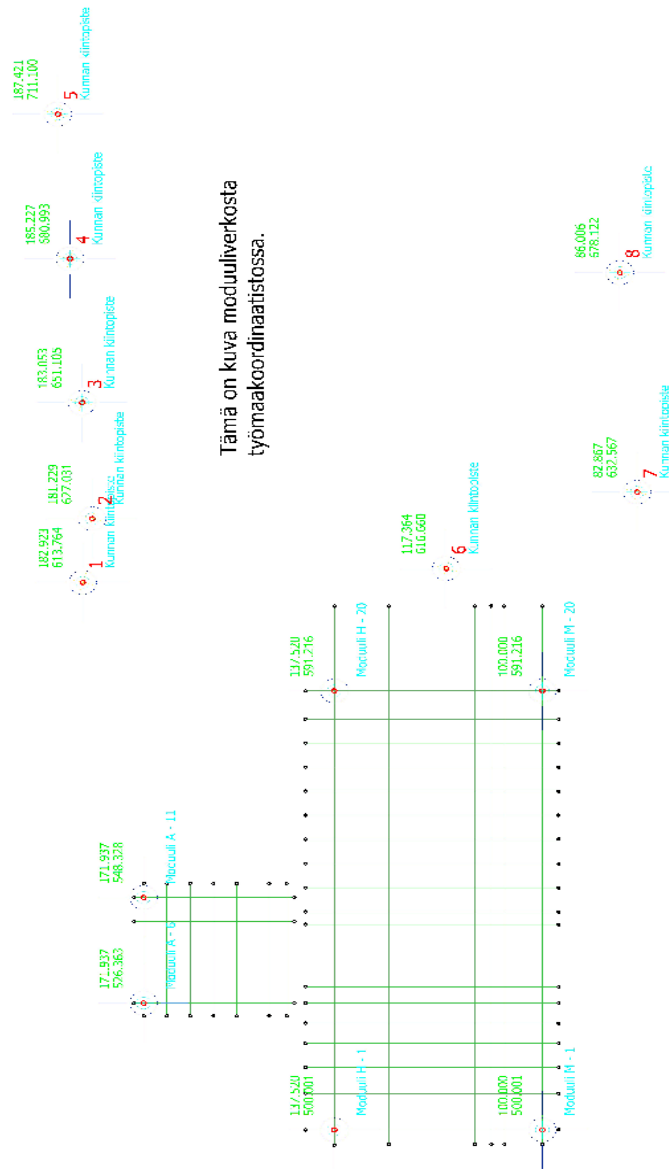
Taulukko 1 (liite 6.)

<b>PISTELISTA mMies - Alkuperäinen modverkko</b>				
Numero	Koodi	N	E	Z
1	Kunnan kiintopiste	6819498,482	24498439,45	0
2	Kunnan kiintopiste	6819490,507	24498450,18	0
3	Kunnan kiintopiste	6819480,307	24498472,06	0
4	Kunnan kiintopiste	6819467,563	24498499,19	0
5	Kunnan kiintopiste	6819454,73	24498526,51	0
6	Kunnan kiintopiste	6819439,907	24498409,86	0
7	Kunnan kiintopiste	6819402,04	24498406,83	0
8	Kunnan kiintopiste	6819382,464	24498448,09	0
10	Moduuli M - 1	6819481,907	24498299,65	0
11	Moduuli M - 20	6819437,231	24498379,17	0
12	Moduuli H - 1	6819514,618	24498318,02	0
13	Moduuli H - 20	6819469,942	24498397,55	0
14	Moduuli A - 6	6819531,713	24498357,86	0
15	Moduuli A - 11	6819520,954	24498377,01	0

Taulukossa esitetyt luvut ovat metrejä. Esimerkkinä piste 1, N on päiväntasaajalta 6819498,482 m ja E 24498439,450 metriä valeidästä. Luvuissa puhutaan siis tuhansista ja kymmenistä tuhansista kilometreistä. Koordinaatteja voidaan muokata, siten että lukujen edestä voidaan poistaa 4 – 6 numeroa alustapäin lukien.

3 (6)

Työmaakoordinaatisto on paikallinen ja on helpommin ymmärrettävissä, koska luvut ei suuressakaan rakennushankkeessa nouse yli satojen metrien.



Kuva 2. liitteeseen 6

Työmaakoordinaatistoon muunnettu moduuliverkko

Työmaakoordinaatistossa oleva kuva, on siirretty Helmert-muunnoksen avulla, jolloin koordinaattiluvut ovat mittoina helpommin ymmärrettävissä ja lukemista helpottavassa vaaka-asennossa.

Seuraavassa listaus, kuvan 2. sisältämistä koordinaatti-luvuista.

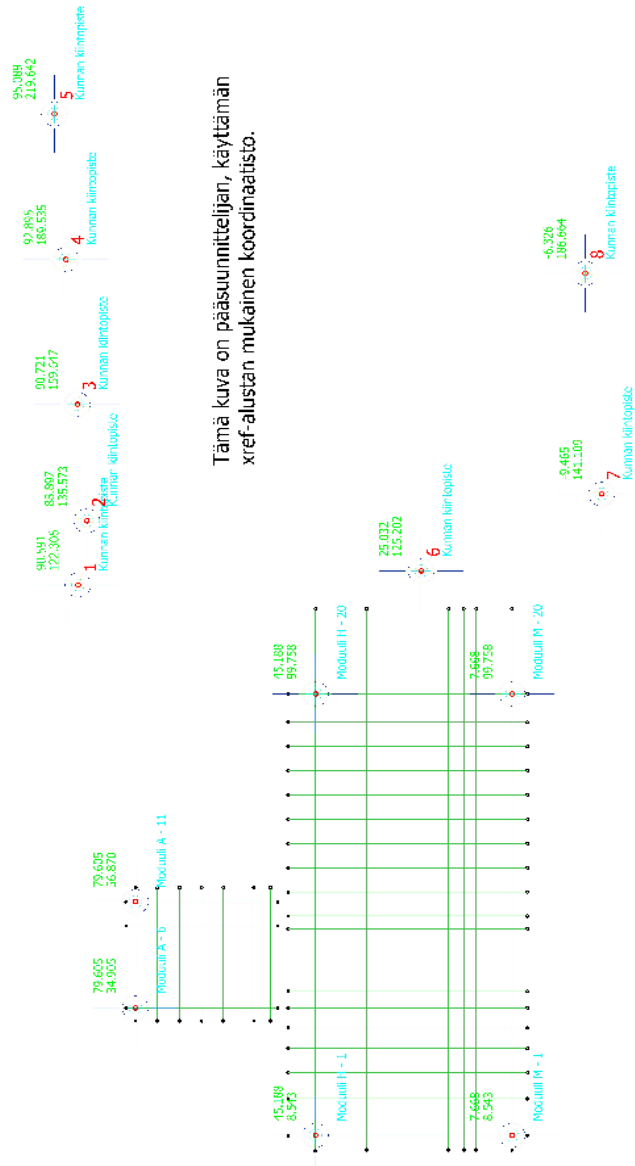
Taulukko 2 (liite 6.)

PISTELISTA		<b>mMies - Työmaa koordinaatisto</b>			
Numero	Koodi	N	E	Z	
1	Kunnan kiintopiste	182,923	613,764	0	
2	Kunnan kiintopiste	181,229	627,031	0	
3	Kunnan kiintopiste	183,053	651,105	0	
4	Kunnan kiintopiste	185,227	680,993	0	
5	Kunnan kiintopiste	187,421	711,1	0	
6	Kunnan kiintopiste	117,364	616,66	0	
7	Kunnan kiintopiste	82,867	632,567	0	
8	Kunnan kiintopiste	86,006	678,122	0	
9	Moduuli A - 6	171,937	526,363	0	
10	Moduuli A - 11	171,937	548,328	0	
11	Moduuli H - 1	137,52	500,001	0	
12	Moduuli H - 20	137,52	591,216	0	
13	Moduuli M - 20	100	591,216	0	
14	Moduuli M - 1	100	500,001	0	

Taulukossa olevat luvut ovat jälleen metrejä, mutta etäisyydet N ja E ovat luotu rakennuskohteen laajuuden mukaisesti. Tällaista työmaakoordinaatistoa käytetään usein laajennettavissa rakennushankkeissa, jolloin kiintopisteet sijoitetaan olemassa olevaan rakennukseen ja näin saadaan laajennusosa tarkasti kohdennettua jo rakennettuun osioon.

5 (6)

Xref-koordinaatiston moduuliverkko, muunnetaan suunnittelijoiden käyttämän xref-alustan moduuliverkon sijainnin mukaiseksi, jolloin suunnitelmakuvat voidaan suoraan siirtää dxf-muotoon ja käyttää niitä mittauksen suorittamisessa.



Tämä kuva on pääsuunnittelijan, käyttämän xref-alustan mukainen koordinaatisto.

Kuva 3, liitteeseen 6 Xref-koordinaatistoon muunnettu moduuliverkko

6 (6)

Xref-alusta on tehty alun perin suunnittelijoiden tarpeeseen kohdistaa suunnitelmiaan sijainltaan oikein ja varmistaa tällä tavoin suunnittelunsa sijoittuminen muihin erikoisalan-suunnitelmiin nähden.

Alustaa voidaan siis käyttää myös mittaustyössä, kun suunnitelmakuvia saadaan siirrettyksi suoraan maastotallentimelle, muuntamalla ne dxf-tiedosto muotoon.

Taulukko 3, (liite 6.)

PISTELISTA	<b>mMies - xref-alustan moduuliverkko</b>			
Numero	Koodi	N	E	Z
1	Kunnan kiintopiste	90,591	122,306	0
2	Kunnan kiintopiste	88,897	135,573	0
3	Kunnan kiintopiste	90,721	159,647	0
4	Kunnan kiintopiste	92,895	189,535	0
5	Kunnan kiintopiste	95,089	219,642	0
6	Kunnan kiintopiste	25,032	125,202	0
7	Kunnan kiintopiste	-9,465	141,109	0
8	Kunnan kiintopiste	-6,326	186,664	0
9	Moduuli A - 6	79,605	34,905	0
10	Moduuli A - 11	79,605	56,87	0
11	Moduuli H - 1	45,188	8,543	0
12	Moduuli H - 20	45,188	99,758	0
13	Moduuli M - 20	7,668	99,758	0
14	Moduuli M - 1	7,668	8,543	0

Kuten edellisissäkin taulukoissa mitat ovat metreinä, mutta kuten huomataan kunnan kiintopisteistä 7 ja 8 ovat negatiivisella puolella N-suuntaan nähden ja siksi orientointiin soveltumattomia.

## Liite 7. Avataan lisää gt-formaattia

”Lainaus”

Suomalaisessa maanmittausmaailmassa on jo yli 25 vuotta kukoistanut siirtoformaattina GT, johon viitataan usein myös Tielaitoksen formaattina. Tässä GT:n lyhyt historiikki niille, jotka eivät tunne kyseisen tiedostomuodon alkuperää.

*Kauan aikaa sitten, aikojen alussa, takymetreihin* oli saatavilla hyvin vähän ohjelmia, mutta eri maissa ryhdyttiin heti koodaamaan sovelluksia, kun siihen tuli mahdollisuus 1980-luvulla. Suomessa syntyi tässä vaiheessa GT-ohjelmisto, jonka vuokaavion Hannu Heinonen hahmotteli joulun pyhinä 1986. Tällöin ”hitaat aavistukset” ja kokemukset käytännön mittauksesta, opetuksesta, laitemyynnistä ja eri alan asiakkaiden mittaustarpeista kulminoituivat uuden luomiseen.

GT-formaatti syntyi osana vuokaavion suunnittelua, koska lähtöajatus oli mittatiedon sujuva tiedonsiirto sen ajan tärkeimpiin jatkokäsittelysovelluksiin, joista vastasivat Kunnallistieto Oy (nyk. Logica, v. 2012 alkaen CGI) ja Teknillinen laskenta Oy (nyk. Tekla). Molempien ohjelmissa oli käytössä 4 eri pituista ja eri järjestyksessä olevaa koodikenttää, jotka sisälsivät kaupunginosan (T1), korttelin (T2), pistenumeron (T3) ja maastokoodin (T4). Näiden ohjelmien pisimmät kentät olivat 7 merkkisiä, joten Hannu päätyi 8 merkin pituisiin kenttiin. Näin molempien ohjelmien tiedot voitiin lukea gt:n kentän pituudesta huolimatta ja päinvastoin eli GT mahdollisti ensimmäisenä myös tiedonsiirron eri ohjelmien välillä.

Kun formaattiajatus oli valmis, niin se toimi alkuna maastomittausohjelman suunnittelulle. Ohjelman tarkoituksena oli mittaajien käytännön työn tarpeiden nopeuttaminen ja helpottaminen. Päällimmäisenä ajatuksena oli myös yhteensopivuus 3D-suunniteluun ja CAD maailmaan, joka juuri teki tuloaan myös tien- ja katujen suunnitteluun. Hannun visiona oli kehittää ”objektorientoitunut, reaaliaikainen 3D-mittausohjelmisto”. Tämä tarkoitti sitä,

että maastotietokoneen muistiin ladattiin olemassa oleva kiintopisterekeri, maastoon merkittävien pisteiden tiedosto CAD:stä tai kaavalaskennasta ja tiegeometriatiedostot parametritiedostoineen. Takymetri orientoidaan koordinaatistoon ja kaikki mittaukset tehdään suoraan kohteen (objektin) koordinaatistossa, olipa sitten kyseessä maantieteellinen tai paikallinen vaakatasokoordinaatisto tai teollisuusmittauksen mielivaltaisessa asennossa oleva koordinaatisto. Mittauksen aikana syntyi myös loki, johon tallentui mittauksen tapahtumat niin, että sitä voitiin käyttää jälkikäteen työn oikeellisuuden todentamisessa. Maastossa GT mahdollisti helpon ja nopean tavan kartoittaa ja mitata 3D-maastomalli symboleineen, pisteineen ja viivoineen samanaikaisesti. Kuulostaako tutulta?

1987 alussa Hannu palkkasi ensimmäisen ohjelmoitsijan, Markku Salorannan, joka aloitti ohjelman koodaamisen Hannun ohjelmarungon perusteella. Syyskesällä ohjelmaa päästiin jo testaamaan maastomallimittauksissa ja ohjelmaa kehitettiin alusta alkaen käyttäjälähtöisesti testiryhmien palautteen perusteella. Vuoden lopulla ohjelmistosta ja takymetrijärjestelmästä saatiin ensimmäiset tilaukset. Ohjelman kehitystä jatkettiin vuosien ajan, vaikka takymetrimerkit vaihtuivat ja eräs versio myytiin Japaniin Nikonille. Loppujen lopuksi ohjelmalicenssejä myytiin yli 2200 kappaletta erityisesti Pohjois-Eurooppaan, mutta myös Kairon kaupunki osti niitä Egyptiin. Suomessa jo edesmennyt Tielaitos otti formaatin ja mittausohjelmat myös käyttöönsä, josta johtuneen gt:n toinen nimi: Tielaitos-formaatti.

GT toimi aluksi ulkoisessa GeoNic/MicroNic-maastotietokoneessa. Vuonna 1988 Hannu teki sopimuksen uuden takymetrin kehittämiseksi Nikonin kanssa, joten vuoden 1993 jälkeen GT toimi suoraan Nikonin ja myöhemmin Zeiss:n valmistamissa takymetreissä. Tämä monipuolista ja nopeutta mittausta. Sittemmin tämä mahdollisuus suljettiin pois ja tyypillisesti takymetrit eivät ole vielä tänä päivänäkään avautuneet kunnolla uudestaan ulkopuolisille ohjelmille. Näin valmistajat voivat toisaalta suojata omaisuuttaan ja kilpailukykyään, mutta suljetut systeemit, on loppujen lopuksi vaikea pitää hengissä pitkällä tähtäimellä. Steven Johnsonin sanoin: ” *Suljettujen ympäristöjen ongelmana on, että ne estävät onnekkautta ja pienentävät ongelmaa potentiaalisesti selvittävien mielten verkostoa*”.

Kun käyttäjät ja ulkopuoliset sovelluskehittäjät pääsevät prosessoimaan suoraan raakadataa ja ohjelmoimaan suoraan omia sovelluksiaan laitteisiin, niin niiden käyttö yleensä monipuolistuu eri tarpeiden mukaan ja näin luodaan uutta kysyntää. Sellainen kehitys olisi myös suotavaa laserskannerien puolella, mutta osa laitteista pysyy tiukasti suljettuna. Onneksi avautumistakin on, sillä esimerkiksi Rieglin skannereihin voi ohjelmoida oman käyttöliittymäsovelluksen ja niiden tuottamaa täyden aallonmuodon dataa voi prosessoida halutessa itse. Faro puolestaan tarjoaa SDK:n ulkopuolisille ohjelmistokehittäjille. Kokonaisuudessaan ulko- ja sisäpaikannus sekä laserskannausmaailma ovat kehittyviä aloja sekä laiteiden, ohjelmien että palveluiden osalta, joten sinäkin, hyvä lukija, voit ideoillasi muokata tulevaisuutta.

”Lainattua tekstiä”

Lähde: <http://www.geocenter.fi/blogi/joulutarina-gt-formaattista/>

Kaupunginosa	Kortteli	Maastokoodi	Pistenumero	Pohjoinen (X)	Itäinen (Y)	korkeus (Z)
0	0	888	50	6819954.889	24492250.052	115.500

Taulukko 6 Esimerkki GT-formaatin koodikentistä