



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ari-Pekka Laitalainen

MITTAUSRADAN RAKENTAMINEN JA
SEN HYÖDYNTÄMINEN
MITTAUSTEKNIIKAN
KURSSILLA JA OPETUKSESSA

Tekniikka
2017

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ari-Pekka Laitalainen
Opinnäytetyön nimi	Mittausradan rakentaminen ja sen hyödyntäminen mittaustekniikan kurssilla ja opetuksessa
Vuosi	2017
Kieli	suomi
Sivumäärä	56 + 11 liitettä
Ohjaaja	Heikki Paananen

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on olla tukena Seinäjoen ammattikorkeakoulun mittaustekniikan ja rakennusmittaukset-kurssin opetuksessa. Allekirjoittanut on toiminut tuntiopettajana sekä Vaasan että Seinäjoen ammattikorkeakouluissa vuodesta 2012 alkaen. Opetus on pitänyt sisällään kaavoitustekniikan perusteet ja mittaustekniikka ja rakennusmittaus-kursseja yhteensä yli 800 tuntia. Opetuksissa on monesti kaivattu käytännönläheisiä harjoituksia, joissa voitaisiin soveltaa kurssilla opittuja tietoja ja taitoja. Tässä opinnäytetyössä on pyritty suunnittelemaan ja toteuttamaan käytännön työssä tehtäviä mittaustöitä. Perusajatus on ollut laatia tehtävänanto lähtötietoineen joiden avulla opiskelija tai oppilaista muodostettu työpari tai työryhmä pääsee suunnittelemaan ja toteuttamaan heille annettua tehtävää.

Insinööriytyö kattaa mittaustekniikan luennot ja lopuksi käytännön mittauksien harjoitteluun rakennetun mittausradan suunnittelun, rakentamisen ja mittauksien dokumentoinnin. Lisäksi siinä havainnollistettaisiin, minkälaisia ja millä tavalla radalla voidaan teetättää oppilaille rakennustyömailla tarvittavien mittauksien simulointi lähes aidoissa oloissa. Mittausradalla voidaan tehdä korkeuden siirto, jonovaaitus, talon merkkäminen maastoon takymetrillä, rakennuksen merkkäminen maastoon suorakulmaisella mittausmenetelmällä kulmaprisman, mittanauhan ja mittakeppien avulla, tasolaserin käyttöönotto ja korkeuksien siirto sen avulla. Lopuksi on osio siitä millainen mittausraportti tehdyistä harjoitteista laaditaan.

Avainsanat	mittaustekniikka, rakennusmittaus, takymetri, mittaustekniikan opetus, jonovaaitus, mittausrata
------------	---

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
Rakennustekniikka

ABSTRACT

Author	Ari-Pekka Laitalainen
Title	Construction of Measurement Track and Its Utilization in Instruction of Measurement Technology
Year	2017
Language	Finnish
Pages	56 +11 Appendices
Name of Supervisor	Heikki Paananen

The main purpose of this thesis is to serve as a guideline for the measuring technology -course at Seinäjoki University of Applied Sciences. Experience and knowledge to write this thesis comes from working as a teacher for measuring, building measuring and building planning technologies for over 800 hours at Vaasa and Seinäjoki Universities of Applied Sciences starting from year 2012.

The objective this thesis is to plan and execute practical exercises to support the theoretical side of the measuring courses. The main idea is to create an exercise with initial data with which a student or student team gets to plan and execute the given assignment.

This thesis elaborates lectures of the measuring technology courses, as well as planning and building of the track meant for executing practical exercises for students, and documentations about measuring itself. In addition, there are visualizations of how and what kind of measuring exercises students can perform on the track, in near a life-like construction site environment.

Keywords Learning, teaching methods, measuring, tachymeter

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
2	MITTAUSTEKNIIKAN OPETUS AMMATTIKORKEAKOULUN INSINÖÖRIOPINNOISSA.....	12
3	KOORDINAATISTOT.....	14
	3.1 Koordinaatit.....	14
	3.2 Tasokoordinaatisto.....	15
	3.3 Korkeuskoordinaatisto.....	15
	3.4 Korkeusjärjestelmät Suomessa.....	15
	3.5 Runkoverkko ja runkomittaukset.....	16
	3.6 Kiintopisteet.....	17
	3.6.1 Pisteselityskortti.....	18
4	MITTAUSVÄLINEET.....	19
	4.1 Takymetri.....	19
	4.2 Vaaituskoje.....	20
	4.3 GPS-mittauslaitteet.....	21
	4.4 Tasolaser.....	22
	4.5 Muut mittausvälineet.....	22
5	MITTAUSTEKNINEN LASKENTA.....	24
	5.1 Kulmayksiköt.....	24
	5.2 Pituudenyksiköt.....	24

5.3	Mittakaava.....	24
5.4	Merkitsevät numerot.....	25
5.5	Virhe, korjaus, tarkkuus.....	25
5.6	Virheiden luokittelu.....	26
	5.6.1 Systemaattinen virheet.....	26
	5.6.2 Karkeat virheet.....	27
	5.6.3 Satunnaiset virheet.....	27
5.7	Hyvä mittaustapa.....	27
5.8	Mittauslaitteiden kalibrointi.....	28
5.9	Mittausten tarkkuusvaatimukset.....	29
6	KÄYTÄNNÖN MITTAUSTYÖT.....	31
	6.1 Kaavoitus- ja kiinteistönmuodostusmittaukset.....	31
	6.2 Rakennuspaikan merkitsemismittaukset.....	33
	6.3 Sijaintikatselmusmittaukset.....	33
	6.4 Kunnallistekniset suunnitelmamittaukset ja maastomalli.....	34
	6.5 Pintavaaitus.....	35
	6.6 Johtokarttamittaukset.....	36
	6.7 Rakennusmittaukset.....	36
7	KÄYTÄNNÖN MITTAUSMENETELMÄT.....	38
	7.1 Takymetrimittaus.....	38
	7.1.1 Orientointi.....	39
	7.1.2 Säteittäinen kartoitus.....	40
	7.1.3 Maastoon merkintä eli paalutus.....	40
	7.2 Vaaitusmittaukset.....	41
	7.2.1 Vaaitus.....	41

	7.2.2 Korkeuden siirto.....	42
	7.2.3 Jonovaaitus.....	43
	7.2.4 Tasolaser.....	44
	7.3 GPS-mittaukset.....	45
8	KOORDINAATTIEN LASKENTA.....	46
	8.1 Rakennuksen nurkkien koordinaattien laskenta.....	46
9	MITTAUSRATA.....	47
	9.1 Mittausradan tarkoitus.....	47
	9.2 Suunnittelu ja rakentaminen.....	47
	9.3 Mittausradan määritysmittaukset.....	48
	9.4 Harjoitustehtävät mittausradalla.....	49
	9.4.1 Tontin kulmien merkintä maastoon.....	49
	9.4.2 Rakennuksen merkintä maastoon.....	50
	9.4.3 Tontin pintavaaitus.....	51
	9.4.4 Jonovaaitus.....	52
	9.4.5 GPS-mittaus.....	53
	9.4.6 Muurauslinjan määrittäminen anturalle.....	53
	9.4.7 Tasolaser.....	53
	9.4.8 Suorakulmaisen mittausmenetelmän käyttö.....	54
	9.4.9 Mittausraportti.....	54
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	55
	LÄHTEET.....	56

LIITELUETTELO

Liite 1. Koordinaattiluettelo osa 1

Liite 2. Koordinaattiluettelo osa 2

Liite 3. Asemakaavaote - lähtöpisteet

Liite 4. Lähtöpisteiden pisteselyskortit

Liite 5. Yleiskartta mittaradan tonteista

Liite 6. Tonttikartat ja asemapiirrokset tontit 2 ja 3

Liite 7. Tonttikartta 1 ja rakennuksen nurkkien numerointi

Liite 8. Tonttikartta tontti 6

Liite 9. Asemapiirros tontille 1 rakennettavasta omakotitalosta

Liite 10. Runkoverkkopiirros

Liite 11. Anturalinja

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Mittaustekniikan vaaitusharjoitukset Vaasassa 2017. s. 13

Kuva 2. Mittausradan kiintopiste asvaltissa s. 17

Kuva 3. Takymetri mittausvalmiina Kouvolan keskustassa s. 19

Kuva 4. Vaaituskoje maastotöissä s. 20

Kuva 5. GPS-antenni statiivilla tuettuna s. 21

Kuva 6. Kunnan mittausviranomaisen korkopaalu Pirkkalassa s. 32

Kuva 7. Valumuottien asentamista s. 33

Kuva 8. Paikalla rakennettava omakotitalo runkovaiheessa s. 37

Kuva 9. Elektroninen Trimble robottitakymetri s. 39

Kuva 10. Itsetasaava perusvaaituskoje s. 41

Kuva 11. Rullamitta latan korvikkeena s. 42

Kuva 12. Jonovaaituksen periaate s. 43

Kuva 13. Tasolaserin käyttöä maastoharjoituksissa s. 45

Kuva 14. AB-laskenta koordinaattien laskemiseksi s. 46

Kuva 15. Trimble RTK R8GNS-vastaanotin kiintopisteiden mittauksessa s. 49

Taulukko 1. Eri tehtävissä vaadittavat mittaustarkkuudet s. 30

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on olla tukena Seinäjoen ammattikorkeakoulun mittaustekniikan kurssien opetuksessa. Allekirjoittaneella on mittaus- ja rakennusalan töistä yli 30 vuoden monipuolinen työkokemus. Olen valmistunut vuonna 2010 Aalto-yliopiston rakennus- ja maantieteen laitokselta diplomi-insinööriksi ja toiminut tuntiopettajana sekä Vaasan että Seinäjoen ammattikorkeakouluissa vuodesta 2012 alkaen. Opetus on pitänyt sisällään kaavoitustekniikan perusteet, mittaustekniikka-, työmaatekniikka- ja rakennusmittauskurseja yhteensä yli 800 tuntia. Opetuksissa on monesti kaivattu käytännönläheisiä harjoituksia, joissa voitaisiin soveltaa kurssilla opittuja tietoja ja taitoja. Tässä opinnäytetyössä on pyritty teorian lisäksi suunnittelemaan ja toteuttamaan käytännön työssä tehtäviä mittauksia. Perusajatus on ollut laatia tehtävänanto lähtötietoineen, joiden avulla opiskelija tai oppilaista muodostettu työpari tai työryhmä pääsee suunnittelemaan ja toteuttamaan heille annettua tehtävää. Vuosien aikana ison ongelman on muodostanut suuret oppilasryhmät ja käytettävissä oleva hyvin niukka kalusto ja materiaali. Kurssin maastoharjoitukset on saatu vietyä läpi jakamalla oppilasryhmä kahteen osaan. Seinäjoen ammattikorkeakoulu on kyennyt varaamaan oppilasryhmille maastoharjoitukset kahdessa ryhmässä oma-aloitteisesti, mutta Vaasassa resurssointi on jäänyt huomioimatta ja opettaja on joutunut itse jakamaan oppilaat kahteen ryhmään opetuksen mahdollistamiseksi. Tällöin oppilaan saama opetus on jäänyt vähemmälle, mutta käytännön harjoittelu on ollut henkilökohtaisempaa. Luento-osuudet pystytään toki vetämään läpi isollakin porukalla, mutta kaikki teknisiin mittauslaitteisiin liittyvät käytännön harjoitukset, joissa opiskelijat pääsevät itsekin kokeilemaan mittauksia, on pystyttävä tekemään pienissä ryhmissä.

Puolustusvoimissa hyväksi koetun rastikoulutuksen käyttö on avannut mahdollisuuden isommankin ryhmän kouluttamiseen yhdellä kertaa. Mittausharjoituksen harjoitteet on jaettu 5 eri osaharjoitukseen, jotka kaikki on ohjelmoitu kirjallisella ohjeistuksella. Tehtävänanto on annettu harjoituksen alussa ensin kaikille yhteisesti, mutta sen jälkeen pienryhmäkohtaisilla tarkemmilla ohjeilla, Tyypillisiä rastikoulutuksen aiheita ovat olleet korkeuden siirto, jonovaaitus, talon merkkäminen maastoon takymetrillä, rakennuksen merkkäminen maastoon suorakulmai-

sella mittausten menetelmällä kulmaprisman, mittanauhan ja mittakeppien avulla, ta- solaserin käyttöönotto ja korkeuksien siirto sen avulla. Kurssilla tehtyjä käytännön mittausharjoituksia ei ole arvosteltu erikseen, vaan niiden läpäisemiseksi on kat- sottu aktiivinen osallistuminen harjoituksiin ryhmittäin. Maastoharjoituksista sen tärkeimmän on muodostanut jonovaaitus. Jonovaaitus on henkilökohtainen harjoi- tus, jossa korkeutta viedään lähtöpisteestä annetun tehtävän mukaan päätepisteeseen vaaiten matkalla annettuja mittauskohteita. Lopuksi mittaus on päätetty tun- nettuun korkeuspisteeseen ja suljettu siihen. Havaitut poikkeamat sulkupisteen tunnetusta korkeudesta ovat olleet ns. sulkuvirhettä. Mittausten jälkeen kukin opiskelija on laatinut mittaustyöstä kirjallisen mittausraportin. Mittausraportissa on esitetty mittauksen kulku, tehdyt havainnot ja lopuksi laskut, joissa on esitetty vaaditut mittaukset. Mittausraportti on päättynyt sulkuvirheen esittämiseen ja pohdintaan, miten tähän on päädytty. Jos sulkuvirhe ei ole ollut hyväksytyissä ra- joissa, on oppilaan pyrittävä analysoimaan omaa suoritustaan ja löytämään syy syntyneisiin sulkuvirheisiin.

Jo mittanauhan käyttö tuntuu olevan osalle tulevista insinööreistä kovin vaikeaa. Ammattikorkeakouluinsinöörin on osattava suorittaa itse ainakin perusmittauksia pystyäkseen valvomaan jatkossa työmaalla muiden toimintaa edes jollain tasolla. Tämä insinööryö kuvaa mittausradan suunnittelun, rakentamisen ja mittauksien dokumentoinnin. Lisäksi havainnollistetaan, minkälaisia harjoituksia ja millä ta- valla radalla voidaan teetättää oppilaille rakennustyömailla tarvittavien mittauk- sien simulointi lähes aidoissa oloissa. Lopuksi on osio siitä, miten rataa voidaan käyttää tehokkaasti rakennusmittauskurssin opetuksessa.

2 MITTAUSTEKNIIKAN OPETUS AMMATTIKORKEAKOULUN INSINÖÖRIOPINNOISSA

Ammattikorkeakoulussa mittaustekniikan kurssi kuuluu olennaisena osana opetussuunnitelmiin ainakin rakennustekniikan, ympäristötekniikan ja talotekniikan insinöörien sekä rakennusmestarien koulutuksessa. Mittaustekniikalla tarkoitetaan tässä yhteydessä maanmittaus- ja rakennusteknillisiä mittauksia. Mittaustekniikan perusteiden osaaminen on välttämätöntä toimittaessa suunnittelun, rakentamisen tai ympäristötekniikan työtehtävissä. Insinöörin perustaitoina voitaneen pitää suunnitelmien, karttojen ja työpiirustusten lukutaitoa. Piirustuksista on kyettävä hahmottamaan, mitä kuva esittää ja miten se voidaan toteuttaa kuvien mukaisilla materiaaleilla. Tämä voidaan nähdä myös toisinpäin eli henkilöllä pitäisi olla kyky dokumentoida tehtyjä töitä ja rakenteita. Työnjohtotehtävissä mittaustekniikan osaaminen on erityisen tärkeää. Mittaukset ovat rakennustyömaalla merkittävä osa suunnitelmien toteuttamista ja rakentamisen laatua. Tänä päivänä rakentaminen on nopeaa ja tehokasta. Rakenteet on osattava mitata tarkasti oikeille paikoilleen. Mittaustehtäviä rakennustyömaalla on maankaivusta viimeisiin lisätoituksiin asti. Isoilla työmailla on usein omat mittaushenkilöt, mutta pienillä työmailla ja rakennusliikkeillä mittaustehtävät kuuluvat jonkin rakennusmiehen tai mestarin työtehtäviin. Työnjohdollisessa tehtävässä olevan ei välttämättä tarvitse itse suorittaa käytännön mittauksia. On hyvä tuntea mittausten menetelmät ja tekniikka, jotta osaa pyytää oikeaan aikaan mittaussammattilaisen paikalle.

Mittaustekniikan kurssilla on tarkoitus opettaa perusmittausvälineiden käyttöä niin teoriassa kuin myös käytännössä. Mittaustekniikan kurssi koostuu tavallisesti 18 – 38 oppitunnista ja on laajuudeltaan 3 opintopistettä. Kurssi alkaa teorialuennoilla ja päättyy käytännön mittauksiin maastossa. Teoriatunneilla opiskellaan mittauksen perusteita, matemaattisia koordinaattiyhtälöitä ja mittauslaitteiden anatomiaa. Maastoharjoituksissa syvennetään teoriassa opittuja taitoja ja opitaan mittauslaitteiden käyttö aidoissa tilanteissa (kuva 1). Käytännön harjoitteiden suorittaminen on ongelmallista, koska ammattikorkeakouluilla ei ole riittävästi mittauss-

kalustoa. Samaan aikaan opetettavat ryhmät ovat yhä isompia, kun säästöyistä ryhmiä yhdistellään. Myös mittaustekniikan kurssia on yhdistelty mm. kaavoituksen tai maanrakennuksen kurssin kanssa. Henkilökohtaisen oppimiskokemuksen saamiseksi olen ottanut käyttöön mittaustekniikan opetuksessa Suomen Puolustusvoimissa hyväksi havaitun rastikoulutuksen. Oppilasryhmä jaetaan 3 – 5 hengen ryhmiin ja maastoon organisoidaan 3 – 6 työkohdetta. Kussakin työkohteessa on työtehtävä, joka ryhmän pitää kyetä mitalaitteillaan suorittamaan. Jokaiselle työlle annetaan aikaan noin 30 minuuttia ja sen jälkeen ryhmät vaihtavat seuraavaan työpisteeseen.



Kuva 1. Mittaustekniikan maastoharjoitukset Vaasassa keväällä 2017.

Maastotöiden aikana kukin oppilas tulee suorittamaan kaikki harjoitusten mittaustehtävät. Kurssin päätteeksi maastomittauksista laaditaan mittausraportti. Mittausradan rakentamisen tarkoituksena oli määrittää nämä ryhmien tekemät mittaustyöt kiinteisiin paikkoihin koulun lähellä. Näin harjoitteista tulisi paremmin vertailukelpoisia ja oppilaat pystyisivät tekemään harjoitteista hyvät dokumentit oppimista varten. Tekemällä oppii paremmin ja muistikuvat tehdyistä harjoitteista voivat auttaa oppilaita tulevissa työtehtävissä.

3 KOORDINAATISTOT

Koordinaatisto on tapa esittää kohteen sijainti matemaattisina lukuarvoina. Paikantamisessa ja mittaamisessa maapallolla käytetään kolmenlaisia koordinaatistojia: kaksiulotteinen kulmamittoja käyttävä maantieteellinen, ellipsikeskinen kolmiulotteinen suorakulmainen koordinaatisto ja kartan kaksiulotteinen suorakulmainen koordinaatisto. Mikäli koordinaatisto on tarpeen esittää kolmiulotteisesti, voidaan kaksiulotteisesta koordinaatistosta tehdä kolmiulotteinen Z-koordinaatin avulla. Koordinaatisto tulee kiinnittää maahan kiinteiden tukipisteiden avulla, jotta sitä voidaan hyödyntää käytännön mittauksissa. Tuloksena on koordinaattijärjestelmä. Se on maapalloon tai tietylle alueelle muodostettu koordinaatisto. Koordinaattijärjestelmä on todellista ja se on todistettavasti olemassa runkopisteiden muodossa. Koordinaatisto tarjoaa mahdollisuuden siihen, miten paikan sijainti voidaan maapallolla esittää. /1/

3.1 Koordinaatit

Koordinaatit ovat numeroarvoja, jotka kertovat kohteen sijainnin käytetyssä koordinaatistossa. Koordinaatit voivat olla todellisia, jolloin ne sidotaan tunnettuun koordinaattijärjestelmään tai mittauksissa voidaan käyttää ns. erillistä tai paikallista koordinaatistoa. Voidaan kuvitella, että Suomen päälle on heitetty verkko, joka koostuu neliömäisistä soluista. Kaikki paikat voidaan määrittää tämän verkon suhteen, kun verkko muodostaa kohteiden päälle koordinaatiston. Tässä koordinaatistosta voidaan mitata kohteille koordinaatit. Tässä opinnäytetyössä, mittaustekniikan harjoitteissa ja mittaustekniikassa käytetään niin sanottuja avaruuskoordinaatteja (X, Y, Z). Todellinen maailmamme on kolmiulotteista, mutta sitä kuvataan kaksiulotteisena joko paperisilla kartoilla tai kuvaruudulla. Lisäämällä karttaan korkeustieto eli tuo ns. kolmas koordinaatti (Z) saadaan kartasta kolmiulotteinen. Kolmiulotteinen suunnittelu edellyttää kolmiulotteista maastomallia kohdealueesta. /1/

3.2 Tasokoordinaatit

Tasokoordinaatit kertovat kohteen sijainnin tasolla. Maanpinnan mittauksiin liittyvät havainnot tehdään maan painovoiman määrittämän pystysuunnan eli luotiviivan ja sitä vastaan kohtisuorassa olevan vaakatason suhteen. Kohteen sijaintia vaakatasossa esitetään suorakulmaisessa XY-koordinaatistossa. Kun maanpinnalla oleva pistemäinen kohde projisoidaan luotiviivan suunnassa vaakatasolle, X- ja Y-koordinaatit määrittävät tämän pisteen tasosijainnin. /1/

3.3 Korkeuskoordinaatit

Korkeuskoordinaatilla ilmaistaan kohteen korkeus käytetyssä korkeusjärjestelmässä. Geoidi on yleisimmin käytetty vertailupinta, joka yhtyy jonakin ajankohdana määritettyyn tai sovittuun merenpinnan korkeuteen. Se on luotiviivan suunnassa mitattu etäisyys sovitusta vertailupinnasta. Korkeuskoordinaatista käytetään yleisesti merkintää Z tai H. Tieteellisesti pisteen korkeussijainti P esitetään korkeuden (H_p) avulla. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että kohteen korkeus on kohteen pystysuora etäisyys merenpinnasta. /1/

3.4 Korkeusjärjestelmät Suomessa

Maanpinnan korkeus ei ole kaikkialla sama ja muuttumaton. Maanpinnan ja siten myös korkeuskiintopisteiden korkeustaso muuttuu vuosien aikana maanpinnan kohoamisen takia. Jääkauden aikana aluetta kuormitti mannerjäätikkö, joka painoi maankuoren kuopalle. Jäätikön sulamisen jälkeen maanpinta palautuu vähitellen maanpinnan noustessa. Suomen alueella maannouseminen on suurimmillaan Perämeren alueella 8 mm vuodessa. Maannousemisen seurauksena vuosikymmenien aikana mitatut korkeuskiintopisteiden korkeudet muuttuvat. Paikallisesti se ei ole ongelma, sillä kaikki muutkin maaston ja rakennetun ympäristön kohteet nousevat samassa suhteessa. Maannouseminen huomataan paremmin isompaa aluetta mitattaessa, kun valtakunnallisia korkeusmittauksia tehdään.

Suomeen on luotu ensimmäinen valtakunnallinen NN-korkeusjärjestelmä vuosien 1892 – 1910 aika tehtyjen tarkkavaaituksien perusteella. Toinen valtakunnallinen tarkkavaaitus tehtiin vuosien 1935 ja 1955 välillä. Järjestelmä nimettiin N43-korkeusjärjestelmäksi. Järjestelmän ”nolla”-tasoksi määritettiin keskivedenpinta Helsingissä keskimerenpinta vuosien 1935 – 1954 asetettiin korkeusjärjestelmän nollatasoksi /10/. Merenpinnan keskiarvo korjattiin vuoteen 1960, jonka perusteella korkeusjärjestelmä nimettiin N-60-järjestelmäksi. N-60 järjestelmä on ollut pitkään käytössä ja on yhä käytössä monin paikoin. Viimeisin tarkkavaaitus alkoi vuonna 1978 ja se valmistui 2006. Mittausten perusteella Suomessa otettiin vaiheittain käyttöön N2000-korkeusjärjestelmä. Tätä uutta järjestelmää käytetään valtakunnallisissa kartastotöissä ja paikkatietopalveluissa. N2000-järjestelmää ollaan otettu käyttöön koko Suomessa. /10/

Yhtenäisen koordinaattijärjestelmän rakentaminen on ollut yhdyskunnan rakentamisessa merkittävää. Kun kiinteistö- ja kaavoitusmittaukset sidotaan yhtenäiseen koordinaattijärjestelmään, niin saman koordinaatiston päälle tehdyt kunnallistekniset suunnitelmat saadaan vastaamaan toisiaan. Kun tätä samaa linjaa käytetään kaikissa mittauksissa ja suunnitelmissa, niin suunnittelu ja rakentaminen etenee loogisesti ja oikealla tavalla. Koordinaattijärjestelmien muuttuessa tuottaa varsinkin siirtymävaihe ongelmia. Suunnitelmissa ja kartoissa tulee ilmoittaa, mitä korkeusjärjestelmiä niissä on käytetty. Vanhassa koordinaattijärjestelmässä olevat korkeustasot, esim. johtokartta ja kunnallistekniset liittymäkorkeudet, tulee korjata uuteen koordinaattijärjestelmään. Helsingin kaupunki varoittaa rakennusvalvonnan sivuilla, että vuoden 2012 lopussa Helsingissä käyttöön otetun N2000-korkeusjärjestelmän mukaiset korkeusluvut ovat 30,5 cm suuremmat kuin aiemmassa NN-järjestelmässä./10/.

3.5 Runkoverkko ja runkomittaukset

Runkoverkko muodostuu alueelle aiemmin rakennetuista kiinteistä mittauspisteistä, joille on havaittu tarkat koordinaatit yleisesti käytössä olevassa koordinaattijär-

jestelmässä. Runkopisteet on rakennettu alustaltaan tukeviin ja liikkumattomiin paikkoihin, kuten peruskallioon, maaperäkiviin, rakennuksiin, asvalttiin tai routimattomaan maaperään. Runkopisteet on pyritty sijoittamaan sellaisiin paikkoihin, joissa niiden käytettävyys on esteetön ja hyvä. Hyvä näkyvyys on runkopisteen ehdoton edellytys. Runkoverkon runkopisteet voivat olla tasorunkopisteitä, korkeusrunkopisteitä tai yhdistettyjä runkopisteitä. Tasorunkopisteen koordinaatit (X,Y) tunnetaan, korkeusrunkopisteen korkeus (H tai Z) tunnetaan ja yhdistetyn pisteen kaikki koordinaatit tunnetaan. Runkoverkon pisteiden koordinaatit määritetään runkomittauksilla. Aiemmin runkomittauksien perustyö tehtiin ns. kolmiomittauksien avulla, mutta nykytekniikalla runkoverkot rakennetaan GPS-mittauksien avulla. Runkoverkkojen ja runkopisteiden avulla voidaan rakentaa uusia kiintopisteitä lähemmäs alueita, joilla kiintopisteitä tarvitaan. Runkoverkkoa voidaan siis käyttää lähtönä tiheimmän mittauspisteverkoston rakentamisessa.

3.6 Kiintopisteet

Kiintopiste eli runkopiste on materiaaliltaan yleensä metallista tehty putki, tanko tai naula, joka on kiinnitetty tukevasti alustaansa. Jos kiintopiste on pakko rakentaa pehmeään maahan, tulee piste rakentaa niin, ettei routa voi liikuttaa sitä. Kiintopisteellä tulee olla selvä keskusmerkki, jonka putkessa muodostaa putken keskipiste. Korkeusrunkopisteellä tulee olla selvästi korkea kohta, johon korkeustaso voidaan yksiselitteisesti havaita. Yhdistetyissä runkopisteissä tasokiintopisteille on vaaittu tarkka korkeus tai korkeuskiintopisteelle tasokoordinaatit. Korkeuskiintopisteelle on tasokoordinaattien mittauksen yhteydessä tehtävä selvä keskusmerkki korkeimpaan kohtaan, jotta koordinaattien mittauskohda on helposti havaittavissa. Alla kuvassa 2 on asvalttiin ruuvattu mittauspiste. Piste on näkyvöitetty oranssilla merkkäusvärillä sen löytämisen helpottamiseksi. Metallipitoiset kiintopisteet on helppoa löytää lumisesta maastosta metallinilmaisimen ja sidontamittojen avulla.



Kuva 2. Mittausradan kiintopiste asvaltissa.

3.6.1 Pisteselityskortti

Jokaisesta kiintopisteestä tulee tehdä pisteselityskortti. Pisteselityskortti on eräänlainen kiintopisteen identifioiva tietokortti, jossa kukin kiintopiste ja sen ominais-tiedot yksilöidään. Pisteselityskorttiin on merkitty ylös tiedot kiintopisteen raken-tajasta, mittaajasta, koordinaatit, mittauksen tarkkuus, mittausluokka, virheluoki-tus, tarkka sijainti sidemittoineen, kiintopisteen materiaali ja sen alusta, kiintopis-teen korkeus maanpinnasta ja alustasta. Lisäksi pisteselityskortissa on pieni kart-takuvaote pisteen lähimaastosta ja sidemittojen tarkemitoista. Edellisten lisäksi pisteselityskortissa on ilmoitettu lähimpien kiintopisteiden numerot, suuntakulmat ja matkat. Pisteselityskortin avulla kiintopiste voidaan löytää helpommin maastos-ta.

4 MITTAUSVÄLINEET

4.1 Takymetri

Takymetri on nykyaikainen mittauslaite, jolla voidaan mitata monipuolisesti koordinaatteja. Koordinaatit muodostuvat takymetrillä tehdyistä kulma- ja etäisyshavainnoista. Kulmahavainnot voivat olla pysty- ja vaakakulmahavainnoita. Takymetrissä on sisäänrakennettu pysty- ja vaakakehä, jotka on jaettu 400 gooniin. Takymetrin kehien asentoja havaitsee lukupäät, jotka ilmoittavat havaintonsa kojeelle. Kulmahavainnot mitataan muutoksina johonkin vertailusivuun, useimmiten tunnettujen lähtöpisteiden muodostamaan vertailusivuun. Ennen takymetriä kulmahavainnoita mitattiin teodoliitilla, mutta elektronisen mittauslaitteen lisääminen teodoliitin yhteyteen teki siitä takymetrin. Takymetrissä on sisäänrakennettu tietokone, johon on ohjelmoitu käytössä tarvittavia maanmittausteknillisiä laskentaohjelmia. Takymetri pystyy siis muuttamaan tehdyt mittaus- ja kulmahavainnot koordinaateiksi ja tallentamaan ne muistiinsa. Takymetrillä voidaan kerätä maastotietoa eli kartoittaa kohteita tai merkitä maastoon ennalta suunniteltuja yksityiskohtia. Maastoon merkintää kutsutaan alan termillä paalutukseksi. Nykyaikaisilla suunnitteluohjelmilla voidaan suunnitella rakennuksia ja kunnallistekniikkaa kolmiulotteisesti. Suunnittelussa on aina mukana koordinaatit, joita voidaan tarvittaessa merkitä takymetrillä maastoon. Alla kuvassa 13 takymetrin käyttöä työmaalla.



Kuva 3. Takymetri mittausvalmiina Kouvolan keskustan saneeraustyömaalla.

4.2 Vaaituskoje

Vaaituskoje on perinteinen mittauslaite, jolla voidaan määrittää korkeuseroja ja siirtää korkeuksia. Mittalaite on optinen laite, jonka kaukoputken avulla voidaan havaita korkeuslukemia mittanauhaa muistuttavasti mittakepistä eli latasta. Vaaituskoje pystytetään kolmijalan eli jalustan päälle ja tasataan vaaituskojeen rasiatasaimen avulla. Vaaituskojeen putki asettuu tasatessa vaateriin eli vaakatasoon. Vaaituskoje on peruskäytössä hyvin yksinkertainen ja helppo oppia. Vaaitsemalla voidaan tarkistaa tai merkitä korkeustasoja rakennustöiden yhteydessä. Vaaitsemalla voidaan asentaa rakenteita vaateriin eli samalle tasolle tai merkitä haluttuja korkeuseroja. Vaaituksen peruseriaate on ensin tehdä korkeushavainto taaksepäin ns. korkeudeltaan tunnetulle pisteelle latasta korkeuslukemia havaiten. Saatu lattalukema lisätään tunnettuun korkeustasoon ja saadaan vaaituskojeelle kojekorkeus. Nyt voidaan merkitä haluttuja korkeuksia maastoon latan avulla. Latta pystytetään haluttuun paikkaan ja havaittu lattalukema vähennetään kojekorkeudesta ja näin saadaan latan alapäälle korkeustaso. Vaaituskojeita ryhmitellään tarkkuuden ja käyttötarkoituksen mukaan.



Kuva 4. Vaaituskoje maastotöissä.

4.3 GPS-mittaukset

GPS- eli satelliittimittaukset perustuvat taivaalla lentäviin satelliitteihin ja niihin tehtyihin etäisyys- ja sijaintihavaintoihin. Maanpinnalla oleva GPS-laite lähettää dataa, joita satelliitit vastaanottavat ja lähettävät takaisin. Kulkevan datan perusteella voidaan määrittää satelliittien avulla GPS-laitteen sijainti maan pinnalla. Etäisyyden mittausta GPS-laitteiden ja satelliittien välillä voidaan määrittellä kahdella toisistaan erilaisella tavalla. Toinen menetelmä käyttää koodia, joka sisältyy signaaliin. Koodin avulla lasketaan signaalin kulku-aika ja sen perusteella etäisyys. Toisessa menetelmässä satelliitin sijainnin määrittäminen perustuu signaalin kantoaaltoon. Tässä menetelmässä lasketaan kantoaaltojen aallonpituutta ja selvitetään, kuinka monta kokonaista aallonpituutta GPS-laitteen vastaanottimen ja satelliitin välillä on. /3/ Alla olevassa kuvassa 5 mittaradan runkopisteen mittausta GPS-mittalaitteella



Kuva 5. GPS-antenni statiivilla tuettuna.

4.4 Tasolaser

Tasolaser on nimensä mukaan tiettyä kojekorkeuden tasoa ympärilleen näyttävä mittalaite. Tasolaser asennetaan kolmijalan päälle, johon se tasataan. Tasauksen jälkeen tasolaseria voidaan alkaa käyttää. Tasolaserilla voidaan määrittää korkeuksia tai mitata korkeuseroja. Tasolaserin hyvä puoli verrattuna esimerkiksi vaatuskojeeseen on, että sitä voi käyttää yksin. Mittaus voidaan tehdä pienen käsivastaanottimen avulla. Vastaanotin ilmoittaa äänimerkein ja nuolisymbolein sijaintinsa tasolaserin lähettämään korkeustasoon. Tasolaserin lähettämä laservalo voidaan nähdä hämärässä ja pimeässä. Tasolaseria käytetään hyvin yleisesti maanrakennus- ja rakennustöissä.

4.5 Muut mittausvälineet

Mittanauha on mittaamisen perustyökalu, joka on säilyttänyt asemansa vuosikymmenien aikana. Mittanauhalla voidaan määrittää niin pitkiä kuin lyhyitäkin välimatkoja ja etäisyyksiä. Parhaimmillaan mittanauha on lyhyissä määritysmittauksissa, kuten rakentamisessa. Mittanauhoissa on senttimetriasteikko ja tavallisesti mittanauhan alkupäässä myös tarkempi millimetriasteikko. Mittanauhan alkupäässä on nollakohta. Mittanauhamittauksessa mittanauhan nollapää eli alku laitetaan mitattavaan kohteeseen ja mittanauha kiristetään kohdepäähän. Mittanauha pidetään vaakatasossa ja mittanauhalla luetaan kohteiden välinen etäisyys. Mittanauha voidaan valmistaa muovista, teräksestä tai lasikuidusta.

Alle 50 metrin matkoilla mittanauha on yleensä riittävän tarkka moniin mittaus-tehtäviin. Mittanauhaa voidaan käyttää tapauskohtaisesti, kun arvioidaan mittanauhamittauksen tarkkuuden riittävän kyseiseen mittaukseen. Pitkiä mittausvälejä mitattaessa on mitan kiristämiseen mittaajien välillä kiinnitettävä erityistä huomiota. Tarvittaessa on käytettävä vedonmäärää mittaavaa laitetta. Mäkisessä maastossa mittaus pitää porrastaa mäen mukaan. Pitkissä mittauksissa mittanauhan roikkuminen pidentää matkaa oikeasta lukemasta /4/

Vatupassi on mittanauhan ohella hyvin yksinkertainen perinteinen työkalu, joka kuuluu jokaisen omatoimirakentajan työkaluvalikoimaan. Vatupassi on nykyään alumiinista tai muovista valmistettu suorakaiteen muotoinen mittalaite. Vatupasseja löytyy erimittaisina. Lyhimmät ovat vain 10 cm pituisia ja pisimmät saattavat olla jopa 2,5-metrisiä. Tarkkuusvatupasseja käytetään suurta tarkkuutta vaativissa mittauksissa kuten runkojen pystytyksissä.

”Vesivaaka eli vatupassi on mittaväline, jolla voidaan määrittää kallistuskulmia. Sillä tutkitaan erityisesti, onko kappale vaaka- tai pystysuorassa. Vesivaaka perustuu nesteiden taipumukseen valua matalimpaan mahdolliseen tilaan. Yleisin sovellus on suljetun läpinäkyvän putken sisälle laitettu neste, johon on jätetty pieni ilmakupla. Putken ylimmän pinnan ollessa vaakasuora kupla asettuu putken keskelle. Jos pinta on vinossa, kupla hakeutuu sille puolelle, joka on toista korkeammalla. Joissain vesivaaioissa vaakatason ja pystysuoran lisäksi on erikseen ilmaisin 45 asteen kulmaa varten, jota voidaan käyttää esimerkiksi kehyksiä ja tukiristikoita varten. Kehittyneimmissä voi olla astetaulu, josta voi lukea tarkempiakin kallistuskulmia.” /6/

5 MITTAUSTEKNINEN LASKENTA

5.1 Kulmayksiköt

Kulmayksikköjen käytön osalta mittaus- ja kartoitustekniikan tehtävissä usein poiketaan SI-järjestelmän suosituksista. Syynä tähän ovat maanmittausalan pitkät perinteet ja erilaisten alan tietotaitoa hyödyntävien käyttäjäryhmien tarpeet. Kansainvälisessä SI-järjestelmässä tasokulma on johdannaisuus, jonka yksikkö on radiaani. Maanmittaustekniikka on tekniikan erikoisala, jossa on hyväksyttyä käyttää goonia (uusastetta) tasokulman yksikkönä. Maanmittausalalla goonia käytetäänkin yleisesti mittauksissa, mutta muilla tekniikan aloilla sen käyttö on harvinaista. Maanmittaustekniikan laskuissa laskin tulee asettaa grad-tilaan, jolloin se laskee kulmat koordinaatteina. /1/

5.2 Pituuden yksiköt

Mittaus- ja kartoitustekniikassa käytettävät suureet ovat ensisijaisesti pituuksia ja kulmia ja näiden variaatioita, vinomatka, vaakamatka, pystykulma, vaakakulma. Tämän vuoksi näihin suureisiin liittyvät mittayksiköt ovat mittaus- ja kartoitustekniikassa erityisen tärkeitä. SI-järjestelmän pituuden yksikkö on metri. Se määritellään nykyään pituudeksi, jonka valo kulkee tyhjiössä $1/299792458$ sekunnissa. /1/

5.3 Mittakaava

Karttojen ja suunnitelmien ymmärtämisessä ja hahmottamisessa on tärkeää ymmärtää käytetty mittakaava. Karttaan tai suunnitelmiin merkityt kohteet ja yksityiskohdat ovat aina pienempiä kuin todellisuudessa. Mittakaava ilmoittaa, kuinka paljon niitä on jouduttu pienentämään. Mittakaava 1:1000 kertoo, että siinä esitetyt alueet ovat $1/1000$ todellisesta koostaan. Mittakaava 1:100 on helppo ymmärtää, sillä siinä 1 cm vastaa 1 metriä todellisuudessa. Kartta on yksinkertaistettu kuva kohteesta ja osa kohteen yksityiskohdista on esitetty symboleilla. Kartassa

esitetään vain sisällön kannalta välttämättömät asiat, jotta se pysyisi selkeänä ja helposti luettavana.

Karttojen mittakaavoja ovat tyypillisesti: peruskartta 1:20 000, rekisterikartta 1:10 000, kantan kartta 1:5000. Kaavakartoissa tyypillisiä mittakaavoja ovat asemakaavakartta 1:2000, pohjakartta 1:1000. Rakennussuunnitelmissa tyypillisiä mittakaavoja ovat asemapiirroksen 1:500 tai 1:200, julkisivukuvissa on 1:100, pohjakuvassa 1:50 tai 1:100, rakennekuvissa, joissa esitetään tarkkoja yksityiskohtaisia leikkauksia voi mittakaava olla 1:20 tai jopa 1:10. Karttoihin on hyvä liittää mittakaavajana, jonka avulla voidaan tarkistaa ja esimerkiksi kopiokoneella palauttaa alkuperäinen mittakaava. Kartat ja piirrokset saattavat skannatessa ja tulostettaessa venyä tai muuttaa mittakaavaa.

5.4 Merkitsevät numerot

Kun geodeettisessa laskennassa esitetään laskennan tuloksia, on tarpeen miettiä merkitsevien numeroiden määrää. Havaintolaitteiden tarkkuus ja mittauskyky määrittävät mittalaitteissa käytettävien merkitsevien numeroiden määrän. Karkeaa mittaus- ja erotuskykyä mittaavat laitteet eivät hyödy millimetrin osien koordinaateista. Ne eivät kykene mittaamaan tarkkuuttaan tarkempia tuloksia. Laskentaa tehtäessä yksinkertaisena sääntönä voidaan sanoa, että jos kiintopisteiden koordinaattien ja havaittujen etäisyyksien pienin yksikkö on millimetri, lopputuloksissakin pienin yksikkö on millimetri. Tätä sääntöä monimutkaistaa jossakin määrin se, että mittaushavaintoina voi olla myös kulmamittaisia suureita ja etäisyys- ja kulmamittojen vertailu ei ole aina yksinkertainen tehtävä. Kaikissa tapauksissa merkitseviin numeroihin liittyvä perussääntö on, että lopputulos ilmoitetaan niin monella merkitsevällä numerolla kuin epätarkin lähtöarvo on annettu. /1/

5.5 Virhe, korjaus ja tarkkuus

Kaikki mittaukset sisältävät virheitä. Mittausten virheiden arviointi ja hallinta ovat välttämättömiä kuhunkin työhön sopivan mittaustavan valinnassa. Mittaustavan ja laitteiden valinta voidaan tehdä paremmin, kun ymmärretään virheiden syntyymi-

nen. Arvioinnin ongelmista huolimatta mittausten virheet pystytään hallitsemaan käytännön töissä niin, että ne voidaan suorittaa etukäteen asetettujen tarkkuusvaatimusten mukaisesti. Mittauksessa syntyneitä virheitä voidaan jälkikäteen selvittää ja tarvittaessa korjata.

5.6 Virheiden luokittelu

Virheiden hallinnan kannalta on tärkeää luokitella virheitä, jotta erilaisia virheitä voidaan käsitellä mahdollisimman tehokkaasti. Virheet jaetaan niiden hallinnan näkökulmasta kolmeen ryhmään: systemaattisiin, karkeisiin ja satunnaisiin virheisiin. Karkeallekin virheelle on aina löydettävissä jokin syy, mutta se vaikuttaa vain yksittäisiin havaintoihin. Aikaisemmin tehdyn havainnon perusteella ei voida ennustaa seuraavaa havaintoa täsmällisesti. Virheiden arvioinnin kannalta satunnaiset virheet ovat kuitenkin melko yksinkertaisia ja helposti hallittavia virheitä, koska niiden suuruusluokka saadaan esille mittauksia toistamalla. Vaikka virheitä ja tarkkuutta kuvaavat käsitteet ovat melko teoreettisia asioita, tämä ei tarkoita, että itse virheet olisivat teoreettisia asioita. Virheet ovat kyllä todellisia, mutta meidän tietomme niistä on vajavaista. Kun virheet ovat todellisia, niihin voidaan myös vaikuttaa mittausteknillisin keinoin. /1/

5.6.1 systemaattiset virheet

Systemaattinen virhe on jossakin funktionaalisessa yhteydessä mittaushavaintoon ja/tai joihinkin vaikutussuureisiin. Esimerkiksi kaikissa havainnoissa saman suuruusena ilmenevä virhe, kuten korjatussa mittausnauhassa oleva virhe on systemaattinen virhe. Systemaattiselle virheelle on periaatteessa aina löydettävissä jokin syy, joka vaikuttaa kaikkiin havaintoihin tai tiettyyn ryhmään havaintoja. Systemaattiset virheet pyritään määrittämään ja poistamaan havainnoista mittauslaitteiden kalibroinnin, havaintoihin tehtävien korjausten ja havaintotekniikan keinoin. /1/

5.6.2 Karkeat virheet

Karkeat virheet ovat jollain tavalla erehdyksiä tai ne johtuvat viallisista laitteista tai oudoista mittaustilanteista. Karkea virhe voi syntyä esimerkiksi takymetrin orientoinnissa, kun syötetään liitospisteelle asemapisteen koordinaatit. Karkeat virheet voidaan löytää suoritettaessa tai viimeistään mittausten laskennassa, ja virheelliseksi epäillyt havainnot poistetaan ja uusitaan. /1/

5.6.3 Satunnaiset virheet

Satunnaiset virheet ilmenevät mittaustulosten vaihteluina mittausta toistettaessa, vaikka mittaolosuhteet eivät vaihtelisiakaan. Satunnaisille virheille ei ole löydettävissä syytä. Ne vaikuttavat kaikkiin havaintoihin tavalla epätasaisesti. Satunnainen virhe voi olla esimerkiksi havainnon tekemisessä, lukemisessa, kirjaamisessa tai laskemisessa syntynyt virhe. Satunnaisuuden käsite on virheiden arvioinnin kannalta tärkeä, mutta käsitteellisesti vaikea, koska satunnaisuudelle ei ole olemassa yksiselitteistä määritelmää. Satunnaisuutta kuvaa tapahtumien ennustamattomuus. /1/

5.7 Hyvä mittaustapa

Mittausten tarkkuus ja tulosten luotettavuus varmistetaan laadunvalvonnalla. Mittauksia tehtäessä tulee aina noudattaa yleisesti sovittuja tapoja, mittausmenetelmiä ja laitteita. Mittaukset tulee dokumentoida niin, että muutkin alan ihmiset pystyvät pääsemään perille, mitä mittaustapahtumassa on tapahtunut. Mittauksissa käytettävät mittalaitteet tulee kalibroida säännöllisesti. Säännöllinen kalibrointi on edellytys laatujärjestelmiä käyttävien rakennusliikkeiden työmaille.

Hyvä mittaustapa edellyttää mittaushenkilöstöltä suunnitelmallisuutta, huolellisuutta ja riittävää ammattitaitoa. Mittausten toistamisella voidaan hallita virheitä. Mittaukset on aina suljettava tunnettuihin pisteisiin ainakin mittausjakson päättyessä. /1/. Runkopisteitä mitattaessa tulee lisätä havaintosarjojen määrää ja suorit-

taa tulosten saamisen jälkeen virheiden jakaminen uusien pisteiden kesken eli tehdä tasoituslasku.

5.8 Mittauslaitteiden kalibrointi

Kalibroinnilla tarkoitetaan mittauslaitteen tarkkuuden tarkistamista laboratorioolosuhteissa. Kalibrointimittauksissa verrataan laitteen valmistajan ilmoittamia tarkkuuslukuja kalibrointimittauksissa saatuihin tuloksiin. Mikäli kalibrointimittaukset osoittavat laitteen tarkkuuden olevan laitteelle ilmoitettuja huonompia, voidaan kalibroitavaa laitetta säätää tarkkuuden palauttamiseksi valmistajan ilmoittamalle tasolle. Tavallisille kansalaisille tutuin kalibroitu laite on kaupan hedelmävaaka. Suoritetusta kalibroinnista liimataan päivämäärällä varustettu tarra hedelmävaakaan.

Jos mittalaite on osa isompaa järjestelmää, jossa kalibroidaan mittalaitteen lisäksi mittausmenetelmä tai mittauslaitteen tai mittausmenetelmän lisäksi ohjelmistoja on kyse järjestelmäkalibroinnista.

Kalibrointi on vertausmittausta. Kalibroinnissa määritetään, kuinka paljon tutkitavan laitteen tai menetelmän antamat lukemat poikkeavat normaalista, johon lukemia verrataan. Normaalin muodostaa tarkemmin tunnetun mittauslaitteen lukema tai kalibroinnin ajan vakiona pysyvä vertaussuure /1/. Ilman virallisia määryksiäkin on selvää, että mittauslaitteiden tarkkuudesta on pidettävä huolta..

Kalibrointitoiminta voidaan jakaa määrityskalibrointiin ja seurantakalibrointiin kalibrointitavan perusteella. Määrityskalibroinnissa määritetään mittauslaitteen kojevirheiden arvot tarkoituksena todeta mittauslaitteen mittaustarkkuus. Määrityskalibrointi suoritetaan laboratorio-olosuhteissa. Määrityskalibrointeja voidaan teknisesti suorittaa laitteiden huoltopaikoissa, mutta niillä ei ole välttämättä virallisen, puolueettoman kalibrointipaikan asemaa. Laitevalmistajien valtuuttamia huoltopaikkoja voidaan pitää luotettavina toimijoina kalibrointiasioissa.

Seurantakalibroinnissa ei määritetä kojevirheiden arvoja, vaan ainoastaan seurataan, pysyvätkö kojeen ominaisuudet ja mittaustulokset samoina kuin ne olivat edeltävässä määrittyskalibroinnissa. /1/

5.9 Mittausten tarkkuusvaatimukset

Mittauksia tehdään erilaisiin tarpeisiin. Mittauksia ei tehdä vain itse mittausten takia, vaan mittauksilla pyritään selvittämään jotain haluttua. Eri mittaustehtävissä oleva tarkkuusvaatimus vaihtelee hyvin suuresti. On ammattitaitoa tietää, koska mittaukset on tehtävä mahdollisimman tarkasti millimetrin tarkkuudella ja koska riittää, että ollaan oikealla metrillä. Mittauksen ammattilainen osaa valita käytettävän mittausmenetelmän ja mittauslaitteen mitattavan tehtävän tarkkuusvaatimuksen perusteella. On resurssien ja ajan tuhlausta käyttää ylimitoitettua tarkkuutta mittaustöissä. Mittausteknisesti tarkimpia mittauksia ovat suuret paperikoneiden painorullien ja akseleiden tasauksen vaatukset. Pienikin mittavirhe ja siitä seuraava asentovirhe asennusmittauksissa saattaa aiheuttaa ennen aikaista kulumista esimerkiksi laitteiden laakeroinnissa. Näissä mittauksissa käytetään yleisesti tarkkuusvaaituskojetta tai tarkkuuslaseria. Hyvin tavallista on, että erittäin herkissä laitteissa on jatkuva reaaliaikainen kontrollimittaus päällä, jolla seurataan laitteen liikkeitä käytön aikana. Mittaustarkkuuksia hahmottaa alla oleva taulukko 1.

Maanmittausteknisien mittausten tarkkuudet on ilmoitettu **Kaavoitusmittausasetuksella 23.12.1999/1284**.

Tarkkuustaso	Mittauksen tarkoitus
100 m	
	Halutaan tietää yleisesti missä ollaan
10 m	
	Halutaan pysyä reitillä (tie, katu, vesiväylä) ja löytää haluttu kohde
1 m	
	Halutaan kerätä paikkatietoja kartoitusta ja tutkimusta varten
0.1 m	
	Halutaan kartoittaa maastoa ja rakennettua ympäristöä tarkasti ja ohjata rakentamista
0.01 m	
	Halutaan tehdä tarkkoja geodeettisia ja geofysikaalisia mittauksia ja ohjata vaativien kohteiden rakentamista
0.001 m	
	Halutaan tehdä tieteellisiä tutkimuksia ja mitata erityiskohteita
0.0001 m	

Taulukko 1. Mittaustarkkuudet eri tehtävissä. /1/

6 KÄYTÄNNÖN MITTAUSTYÖT

6.1 Kaavoitus- ja kiinteistönmuodostusmittaukset

Kunnan tehtävänä on ylläpitää ajantasaista pohjakarttaa alueestaan. Pohjakartta on aikoinaan tehty ilmakuvausten ja sitä täydentävien maastomittausten avulla. Pohjakartalla esitetään maaston muodot, tiet, ojat, rakennukset ja yksityiskohdat. Pohjakartan ylläpito edellyttää uusien rakennuksien ja teiden kartoittamista ja lisäämistä pohjakartalle. Uusien rakennuksien mittaaminen tapahtuu rakennusluvan edellyttämällä sijaintimittauksella. Sijaintikatselmuksella valvotaan rakennuksien sijaintitarkkuutta lupaehtoihin verrattuna. Pohjakartalla on esitettävä myös ajantasainen kiinteistöjaotus rajamerkkeineen. Kaavat tehdään pohjakartan päälle ja kaavan pohjakartan on oltava ajantasainen. Kaavoitusmittauksilla tarkoitetaan myös muita asemakaava-alueen mittauksia. Tyypillisiä kaavoitusmittauksia ovat esimerkiksi kadonneiden rajapyykkien tai rajalinjan paikan merkkaaminen maastoon. Kiinteistönmuodostusmittauksilla tehdään nimensä mukaisesti kiinteistöjen muodostamisen vaatimia kartoitus- ja merkintämittauksia. Tonttikartta on tarkka osa kiinteistötoimitusta ja siinä ilmoitetaan tontin rajapisteiden koordinaatit ja rajamitat.

6.2 Rakennuspaikan merkitsemismittaukset

Uudisrakentamisessa rakennusluvan saanut rakennus merkitään tontille tai rakennuspaikalle asemapiirroksen mittojen mukaan. Kunnan mittausviranomaisen laskee asemapiirroksen mitoilla suunnitellun talon ulkokulmille koordinaatit. Tyypillisesti talon ulkomitoista muodostetaan suorakaide ja maastoon merkitään 4 – 6 nurkkapistettä. Nurkkien maastoonmerkintä suoritetaan kunnan mittausviranomaisen toimesta vastaavan mestarin tilattua merkintämittauksen. Mittaus suoritetaan joko alueella olevista kiintopisteistä tai tontin kulmapyykkien avulla. Merkintä tehdään yleensä puupaaluilla ja tarkka nurkkapiste osoitetaan puupaalun päälle

merkityllä naulalla tai nastalla. Maastonmerkinnällä osoitetaan rakennuksen ulkonurkkien paikka. Ulkoseinien suhde esim. perustuksien mittalinjoihin ja sokkeleihin on esitetty rakennekuvissa. Rakentajan omalla vastuulla on rakennuksen sisäinen mittatarkkuus.

Rakennuksen nurkkapisteiden merkinnän lisäksi rakennuspaikalle tuodaan korkeus. Korkeusmerkintä tuodaan tontilla olevaan puuhun kiinnitettyyn lautaan tai rimaan tai jonkin kiinteän pisteen, esimerkiksi rajapyykin päälle. Korkeustaso on mitattu joltain tunnetulta korkeuskiintopisteeltä ja tuotu tontille vaaitsemalla. Korkeustaso ilmaistaan numeroilla esim. +81,90, joka kertoo korkeustason sijainnin suhteessa yleisesti käytettyyn korkeusjärjestelmään. Myös käytetty korkeusjärjestelmä tulee merkitä korkeuspaaluun, kuten kuvassa 6.



Kuva 6. Kunnan mittausviranomaisen tuoma korkeuspaalu Pirkkalassa.

Tontille tuodun korkeustason avulla rakentaminen voidaan suorittaa rakennusluvassa ja lupaehdoissa määritetyille korkeustasoille. Tehdyistä mittauksista toimitetaan rakennusluvan haltijalle karttapiirros, jossa esitetään, mitkä nurkkapisteet maastoon on merkitty ja millä mitoilla ne on laskettu. Tässä yhteydessä muistutetaan vielä sijaintikatselmuksen tilaamisesta.

6.3 Sijaintikatselmusmittaukset

Rakennusluvan ehtona uudisrakentamisessa ja laajennusrakentamisessa on sijaintikatselmus. Rakennuskohteen vastaava työnjohtaja tai pääsuunnittelija tilaa sijaintikatselmuksen kaupungin mittausviranomaiselta, kun perustuksien sokkeli on valmistunut. Sokkeli voi olla harkoista muurattu rakenne tai nykyään hyvin suosittu paikalla valettu betonisokkeli. Rakennustyö voi jatkua vasta, kun sijaintikatselmus on tehty ja hyväksytty. Mittatoleranssina on yleisesti sallittua noin 100 mm:n sijaintitarkkuusvaatimus sekä sijainti- että korkeustasolle. Toleranssien suuruus on määrätty kuntakohtaisesti. Kuvassa 7 asennetaan perustuksen valumuotteja kaupungin mittamiesten tontille merkkäämien juuripaalujen avulla.



Kuva 7. Valumuottien asentamista.

Sijaintikatselmuksen jälkeen mittausoimisto tai rakennusvalvonta lähettää rakennusluvan hakijalle mittauspöytäkirjan työmaalla tehdyistä mittauksista. Viranomaiset liittävät mittauspöytäkirjan rakennusluvan sähköisiin asiakirjoihin. Jos sijaintikatselmuksessa todetaan rakennuksen sijainnin ylittävän sijainnin tarkkuudelle asetetut raja-arvot, tulee luvan haltijan ryhtyä toimenpiteisiin. Tyypillisesti rakennusluvan haltijan tulee laadituttaa uusi asemapiirros, jota varten toimitetaan uusi naapureiden kuuleminen. Kriittisiä tapauksia ovat ne, joissa liian lyhyiksi menevät välimatkat muihin rakennuksiin saattavat aiheuttaa isoja muutoksia mm. palosuojauksiin. /8/

6.4 Kunnallistekniset suunnitelmamittaukset ja maastomalli

Kunnallistekninen suunnittelu tehdään 3-D-ohjelmilla tehotietokoneilla. Suunnittelu perustuu maastosta hankittuihin maastotietoihin. Maastotietoja voidaan hankkia hyödyntämällä olemassa olevaa mittaus tietoa, jota täydennetään maastomittauksilla. Mittauskalustona käytetään takymetriä tai GPS-laitteita. Maastomittauksilla tehdään suunnittelualueesta tarkka kolmiulotteinen kartta. Mittaukset mitataan yleisessä koordinaattijärjestelmässä koordinaatteina ja niihin liitetään korkeustieto. Mitattavat kohteet koodataan sovitun järjestelmän mukaan, jolloin kohteiden ominaistiedot saadaan mukaan mittausdataan. Mittauksen yhteydessä kartoitetaan maanpinnan muodot, taiteviivat ja erityispisteet. Mittaukset ulotetaan jo olemassa olevaan rakennettuun ympäristöön, jolloin saadaan suunniteltavana oleva alue liittymään osaksi olevaa kokonaisuutta.

Maastomallitietoon yhdistetään tiedot alueen johtokartasta ja pintavesien kartoitustiedoista. Suunnitteluohjelmilla voidaan suunnitella kunnallistekniikan johtolinjat kaivoineen, tiet, kadut ja muu tarvittava infra. Maastomallimittauksien ja suunnittelun aineistosta voidaan laatia aidon näköisiä havainnekuvia.

6.5 Pintavaaitus

Rakentamista suunniteltaessa on hyvä ennalta selvittää rakennuspaikan korkeus-
suhteet tekemällä pintavaaitus. Pintavaaituksessa mitataan rakennuspaikan maan-
pinnan korkeustasoja maastossa. Pintavaaitus voidaan suorittaa joko takymetrillä,
vaaituskojeella tai GPS-mittauslaitteilla. Takymetrillä kartoitus tehdään tunnetuil-
ta pisteiltä säteittäisesti. Maastossa kartoitetaan pinnanmuodot, yksityiskohdat ja
mahdolliset alueiden reunaviivat, kuten tiet, polut, nurmialueen reuna yms. Ta-
kymetrillä mitattua dataa voidaan käsitellä ja muokata mittausohjelmistolla halut-
tuun muotoon. Lopuksi mittauksista voidaan tulostaa paperinen kartta tai käyttää
syntyneitä kolmiulotteista materiaalia digitaalisessa suunnittelussa CAD-
ohjelmilla. Pintavaaituksen avulla voidaan suunnitella rakennuksien korkeusase-
mat ja laskea tarvittavat maankaivuun ja täyttömaiden massamäärät.

Yleensä pintavaaitus tehdään ruutuvaaituksena. Ruutuvaaitus on nimensä mukai-
nen eli korkeusmittaukset tehdään alueelle suorakulmaiseksi linjatun ruudukon
risteävistä pisteistä. Ruudukon koko harkitaan vaadittavan tarkkuuden sekä alueen
maaston mukaan. Ruudukko tulee ulottaa mitattavan tontin ulkopuolelle, jotta tie-
liittymät ja rakennuksien sovittaminen korkeusasemaltaan rakennettuun ympäris-
töön voidaan varmistaa. Pintavaaitustyössä tarvitaan tunnetun korkeuden mit-
tauksen lähtöpiste. Jos pintavaaitusta tehtäessä ei ole saatavissa virallista korkeus-
tasoa voidaan mittaukset sijoittaa ns. erilliskorkeusjärjestelmään ja mitata käytetty
taso johonkin kiinteään paikkaan esimerkiksi rajapyykkiin.

Mittausta tehtäessä kannattaa koko ajan piirtää työpiirustusta mitatuista kohteista.
Havainnekuvaan piirretään mitattava tontti ja siihen päälle käytetty ruudukko.
Ruudukkojen solmupisteisiin merkitään niille määritetyt korot tai maastotyövai-
heessa latan lukema kojekorkeudesta alaspäin. Mittaus toteutetaan määrittämällä
ensin vaaituskojeen kojekorkeus mittaamalla tunnetulta korkeuspisteeltä ”taakse”-
lukema. Tästä eteenpäin kaikki havaitut lattalukemat ovat ”eteen”-lukemia, jotka
kojekorkeudesta vähentämällä antavat erotuksena maaston pinnan korkeusluke-
man. Lopulliset maaston solmukohtien korkeuslukemat voidaan näin laskea sitten

sisätyönä maastomittausten jälkeen. Ruutujen koko voidaan tihentää tarvittaessa, jos maastomuodoissa on voimakkaita muotoja, joita käytetty ruutukoko ei pysty erottamaan muusta maastosta. Esimerkiksi mäen nyppylä tai voimakas painanne ei välttämättä tule kuvatuksi riittävästi, mikäli on käytetty isoa ruutukokoa.

6.6 Johtokarttamittaukset

Johtokartalla esitetään maan alle rakennettujen kunnallistekniikan verkostojen sijainti- ja materiaalitietoja. Johtokarttaa pidetään nykyään digitaalisena, jolloin johtokarttaan voidaan sisällyttää valtava määrä teknisiä tietoja ja yksityiskohtia. Perinteisesti myös johtokartat ovat olleen manuaalisesti ylläpidettäviä. Digitalisoinnin yhteydessä on sijaintitietoja jouduttu päivittämään maastomittauksilla. Kunnallistekniikan rakentamisen yhteydessä kaikki uudet maan alle sijoitettavat kunnallistekniikan rakenteet kartoitetaan sijainnin ja korkeustasonsa suhteen. Näin johtokartasta on helppo tarvittaessa ilmoittaa johtotekniikan sijainti maastossa. Sijainnin osalta johtokarttaan merkitään johtojen ja putkien koko ja materiaalit. Johtokartan näkyvimmit osat eli kaivojen kannet ja sulkuventtiilit on kartoitettu ja koordinaateiltaan tunnettuja. Kunnallistekniikan lisäksi johtokartoissa on esitetty maanalaiset kaukolämpö, sähkö-, tele- ja kuitukaapelit. Rakentamisen yhteydessä syntyvien vaurioiden estämiseksi on hyvä pyytää kaivuukohteeseen kaapelinäyttö. Kaapelinäyttöpalveluita pitää yllä sähkö- ja energiayhtiöt. Pääsääntöisesti kaapelinäytöt ovat ilmaisia. Valtakunnallinen ”johtotietopankki.fi-palvelu” tarjoaa mahdollisuutta tehdä johtotietojen esiselvitykset omatoimisesti Vahingon sattuessa voi kaivaja joutua korvaamaan aiheuttamansa vahingot, jos ei ole pyytänyt kaapelinäyttöä ennen kaivuun aloittamista.

6.7 Rakennusmittaukset

Rakennusmittauksia tehdään maanrakennus- ja rakennustyömailla. Rakennusmittaukset tehdään rajatulla alueella rakennustyömaalla. Rakennusmittaukset perustuvat rakennus- ja rakennesuunnitelmiin, jotka on laadittu rakennettavan kohteen rakentamiseksi. Rakentaminen alkaa usein jo ennen varsinaisen rakentamisen

aloittamista suunnittelumittauksilla. Suunnittelumittauksilla selvitetään rakennettavan tontin pinnan muodot ja maaperän rakenne. Kun rakennuslupa on myönnetty ja kunnan mittausviranomaisen on suorittanut maastoonmerkinnän, voidaan aloittaa varsinainen rakennusmittaustyö. Maanrakennustöissä kaivetaan ylimääräiset maa-ainekset ja tuodaan tontille uutta kantavaa maata suunnitelmien mukaan. Vaihdettavien maamassojen määrän laskeminen ja kaivu- ja täyttötasojen valvontamittaukset työllistävät mittausryhmää. Perustuksien sijaintimittauksilla määritetään anturamuottien sijaintia. Anturavalujen jälkeen mittaryhmä merkitsee sokkeliharkkojen muurauslinjat tai alaohjauspuiden paikan, jos perustaminen tehdään paikallavaletun perusmuurin varaan.

Rakennustyön edetessä mittaryhmän tehtävänä on mitata paikalleen väliseiniä jo ennen lattiavalua. Näillä mittauksilla helpotetaan valujen alle jäävien putkien ja johtojen asennusta oikeaan kohtaan. Tyypillisiä mittauskohteita rakennusmittauksissa ovat erilaiset korkomittaukset, elementtien sijaintimittaukset ja väliseinien mittaukset. Pikkumittauksista voidaan mainita ovi- ja ikkuna-aukkojen mittaukset. Sisustustöissä tarvitaan tasojen määrittämiä mm. laatoituksia tehdessä. Mittausvälineet rakennusmittauksissa ovat takymetri, vaaituskoje, tasolaser ja mittanauhat. Alla kuvassa 8 paikalla rakennettava omakotitalo, jossa on paljon yksityiskohtaista mittausta vaativia kohtia, kuten perustuksien sijainti, runkotolppien ja palkkien pituudet, ikkuna-aukot, väliseinien sijainnit.



Kuva 8. Paikalla rakennettava omakotitalo runkovaiheessa.

7 KÄYTÄNNÖN MITTAUSMENETELMÄT

7.1 Takymetrimittaus

Takymetri on nykyaikainen eletroninen mittauslaite, jolla voidaan mitata etäisyyksiä ja kulmia. Mittaustuloksena saadaan aikaan koordinaatteja. Koordinaatit muodostuvat takymetrillä tehdyistä kulma- ja etäisyyshavainnoista. Takymetrimittaus koostuu säteittäisistä mittauksista, joilla kerätään kartoitettaessa tietoa maastosta. Takymetrillä voidaan merkitä maastoon suunnitteluohjelmilla laskettuja yksityiskohtia. Kulmahavainnot voivat olla pysty- ja vaakakulmahavainnot. Takymetrissä on sisäänrakennettu pysty- ja vaakakehä, jotka on jaettu 400 gooniin. Takymetrin kehien asentoja havaitsee lukupäät, jotka ilmoittavat havaintonsa kojeelle. Kulmahavainnot mitataan muutoksina johonkin vertailusivuun, useimmiten tunnettujen lähtöpisteiden muodostamaan vertailusivuun. Nykyaikaisessa takymetrissä on sisäänrakennettu tietokone ja hyvä näyttö, jolla voidaan suorittaa maanmittausteknillisiä laskutoimituksia myös maastossa. Takymetri on erittäin tarkka mittauslaite, jota voidaan käyttää myös vaativassa maanalaisessa rakentamisessa, kuten tunneli- ja kaivosmittauksissa. Vuosien myötä kojeet ovat kehittyneet pitkälle automatisoiduiksi mittausroboteiksi. Alla kuvassa 9 Seinäjoen Ammattikorkeakoulun Trimble Robottitakymetri, jolla oppilaat ovat harjoitelleet takymetrimittauksia.



Kuva 9. Elektroninen robottitakymetri.

Kehittyneimmillä takymetreillä voidaan mitata kulmia ja etäisyyksiä sekä skannata (keilata) ja valokuvata mittauskohdetta. Aikanaan takymetrimittaus on ollut kahden mittajaan työtä, mutta nykyaikaisilla kojeilla yksi mittaja voi tehdä useimmat työt. Viime vuosina takymetrin rinnalla on alettu käyttää laserkeilainta, joka mittaa automaattisesti ja nopeasti suuntia ja etäisyyksiä mittauskohteisiin. /1/

7.1.1 Orientointi

Orientoinnilla takymetri liitetään tunnettujen pisteiden avulla käytettävään koordinaatistoon. Orientoinnissa mittauslaitteelle kerrotaan, minkä tunnetun kiintopisteen päällä se on eli mitä pistettä käytetään asemapisteenä ja mitä suuntapisteenä. Kiintopisteiden tunnetut koordinaatit on syötetty ennalta takymetrin muistiin. Vapaan asemapisteen orientoinnissa takymetri voidaan sijoittaa mittausten kannalta edulliseen paikkaan, josta voidaan tehdä orientointimittaukset kahteen kiintopisteeseen. Vapaan asemapisteen orientoinnissa takymetrillä tehdään mittaukset

vähintään kahteen kiintopisteen ja mittausten havainnoista takymetri pystyy laskemaan oman sijaintinsa käytettävässä koordinaatistossa. Vapaan asemapisteen orientointia käytetään, kun takymetriä ei voida pystyttää kiintopisteen päälle tai kiintopisteiden väli ei ole avoinna esimerkiksi pisteiden rakentamisen jälkeen niiden väliin rakennetun rakennuksen tai kasvaneen puuston takia. Vapaalla asemapisteen oriennoilla havaittu piste voidaan tallentaa takymetriin ja merkitä maastoon myöhempää käyttöä varten. Orientoinnin onnistuminen kannattaa varmistaa ennen varsinaisten mittauksien aloittamista esimerkiksi kartoittamalla jompikumpi kiintopisteistä ja vertaamalla koordinaatteja pisteselityskortissa esitettyihin koordinaatteihin. Samaa tarkistustekniikkaa voidaan käyttää myös perinteisessä orientoinnissa, jossa mittauskoje on kiintopisteellä.

7.1.2 Säteittäinen kartoitus

Takymetrillä kartoitettaessa mittausmenetelmänä on tasosijainnin osalta säteittäinen mittaus ja korkeuden osalta trigonometrinen korkeudenmittaus. Säteitteisessä kartoituksessa suoritetaan mittauksia, joissa mitataan etäisyys mitattavaan kohteeseen ja takymetrin välillä. Mittauksen yhteydessä tallentuu myös taitekulma orientoinnissa määritettyyn lähtösivuun. Tallennetun etäisyyden ja havaitun taitekulman avulla takymetri laskee mitattavalle kohteelle koordinaatit mittauskoordinaatistossa. Mittaukset tallentuvat takymetrin muistiin ja niitä voidaan jo mittausvaiheessa koodata. Mittausdata voidaan siirtää myöhemmin käsiteltäväksi ja tulostettavaksi mittauslaskentaohjelmalla.

7.1.3 Maastoon merkintä eli paalutus

Paalutuksessa eli maaston merkinnässä mitataan ennalta laskettuja koordinaatteja takymetrillä maastoon. Maaston koordinaatteihin orientoituun takymetriin koordinaatit on syötetty joko käsin tai koneellisesti. Merkintämittauksen tavoitteena on merkitä kohteet maastoon niin tarkasti kuin on mahdollista. Mittaamalla voidaan paaluttaa maastoon esim. rakennuksien kulmapisteitä, tontin kulmapisteitä ja raja-

pisteitä. Myös kunnallistekniset suunnitelmat, kuten tiet, kaivot ja rakenteet, voidaan mitata suunnitelmista poimituilla koordinaateilla maastoon.

7.2 Vaaitusmittaukset

7.2.1 Vaaitus

Vaaitus on perinteinen ja melko yksinkertainen korkeudenmittausmenetelmä, jota on käytetty mittauksissa hyvin pitkään. Vaikka mittaustekniikka on kehittynyt tietotekniikan aikakaudella monella tapaa, kirjataan vaaitustulokset yhä vielä paperille kynällä. Vaaituskojeella (kuva 10) ja latalla voidaan mitata yksinkertaisella tekniikalla korkeuksia ja korkeuseroja. Vaaituskojeet ovat edullisia ja niiden käyttö on helppoa opetella. Vaaituskojeen rinnalle korkeuksien mittauksessa on tullut uusia mittauslaitteita, kuten tasolaser ja GPS-mittauslaitteet. Korkeudenmittausta voidaan suorittaa trigonometrisesti takymetrillä.



Kuva 10. Itsetasaava perusvaaituskoje.

Vaaitaessa kahden pisteen välinen korkeusero mitataan vaaituskojeella vaakasuora tähtäyslinja ja -taso. Vaaituskojeella tähtäämällä mitataan pisteille viedystä mitasta eli latasta tähtäystason ja pisteiden väliset pystysuorat etäisyydet, joista lasketaan pisteiden välinen korkeusero. Korkeusero lasketaan taakse- ja eteenlukemien erotuksena. /1/

7.2.2 Korkeuden siirto

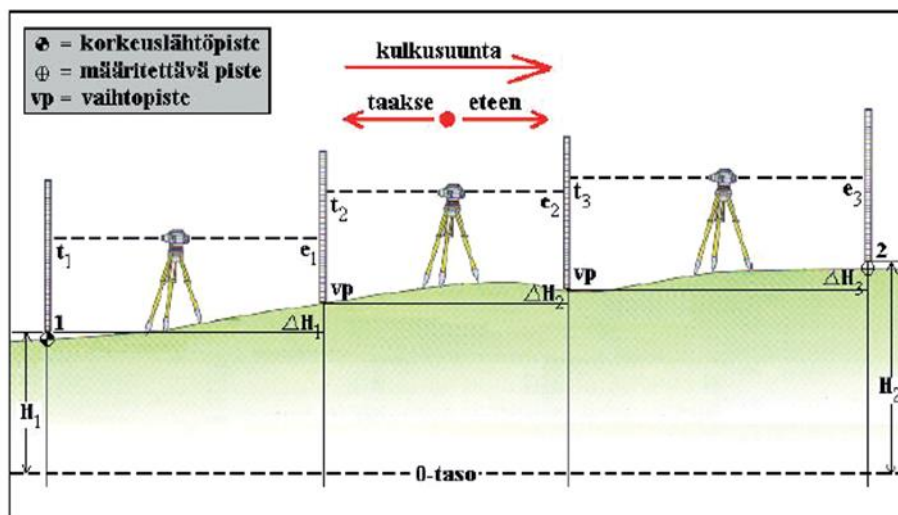
Korkeuden siirto tapahtuu vaaituskojeen ja latan avulla korkeustasoltaan tunnetulta pisteeltä haluttuun paikkaan. Vaaituskojeella verrataan kohteen korkeuseroa tunnetun lähtöpisteen korkeuteen. Vaaituskoje on pystytettävä mitattavia pisteitä korkeammalle, jotta korkeusero voidaan määrittää. Ensin on määritettävä kojekorkeus tekemällä taaksepäinhavainto tunnettuun pisteeseen, josta saatu lattalukema lisätään lähtöpisteen korkeuslukemaan. Nyt saadusta kojekorkeudesta vähennetään mitattavaan kohteeseen tehtävä eteenpäinhavainto, jolloin selviää kohteen korkeuslukema käytetyssä korkeusjärjestelmässä. Vaaitusta voidaan suorittaa myös tilapäisvälineiden avulla. Alla kuvassa 11 on rullamitasta tehty latta, koska mittajaat unohtivat ottaa latan mukaan maastoon.



Kuva 11. Rullamitta latan korvikkeena.

7.2.3 Jonovaaitus

Jonovaaituksella siirretään korkeutta, kun mitattavat korkeudet eivät näy suoraan yhdeltä kojeasemalta. Jonovaaitusta käytetään, kun mitattava kohde on esteen takana tai matkalla on suuria korkeuseroja, joiden takia on mitattava uusia vaihtopisteitä. Korkeutta viedään lähtöpisteestä maaston mukaan päätepisteeseen vaaiten tarvittaessa matkalla annettuja mittauskohteita, kuten kaivon kansia, vesijuoksua yms. Lopuksi mittaus päätetään toiseen tunnettuun korkeuspisteeseen ja suljetaan siihen. Havaitut poikkeamat sulkupisteen tunnetusta korkeudesta ovat olleet ns. sulkuvirhettä. Jonovaaituksen periaate ilmenee kuvasta 12. Vaaituksen reitti valitaan mahdollisimman helpoksi ja varsinkin latta tulee sijoittaa tukevalle maapohjalle. Vaihtopisteillä lattan paikkana käytetään tukevaa alustaa, esim asfaltti, reunakivi, kivi, kaivonkansi. Lattan paikan voi merkitä väriliidulla, jolloin kyseinen paikka on löydettävissä ja käytettävissä.



kuva 12. Jonovaaituksen periaate.

7.2.4 Tasolaser

Laserlaitteet ovat yleistyneet mittaustöissä viime vuosina varsinkin rakentamisen mittauksissa. Tasolaser on korvannut aiemmin hyvin yleisesti käytetyn vaaituskorkeustasojen määrittämissä. Tasolaseria voi käyttää yksin eikä mittaamisessa tarvita toista henkilöä. Tasolaser on parhaimmillaan maanrakennustöissä. Isolakin alueella voidaan kontrolloida maanpinnan tai maa-aineskerroksien korkeuksia rakentamisen edetessä. Rakennustyömailla tasolaseria käytetään mm. betonilattioiden valujen teossa valupinnan tarkkailussa. Tasolaser näyttää nimensä mukaan vaakatasolla olevaan tasoa. Tasolaserlaitteisto muodostuu kolmijalan päälle pystytettävästä laserkojeesta ja laserlaitteen vastaanottimesta. Vastaanotin kiinnitetään joko lattaan tai mittakeppiin. Vastaanottimessa on nuolinäytöt ja äänimerkkitoiminnot käyttäjän ohjaamiseksi oikealle korkeustasolle.



Kuva 13. Tasolaserin käyttöä maastoharjoituksissa 2017.

7.3 GPS-mittaukset

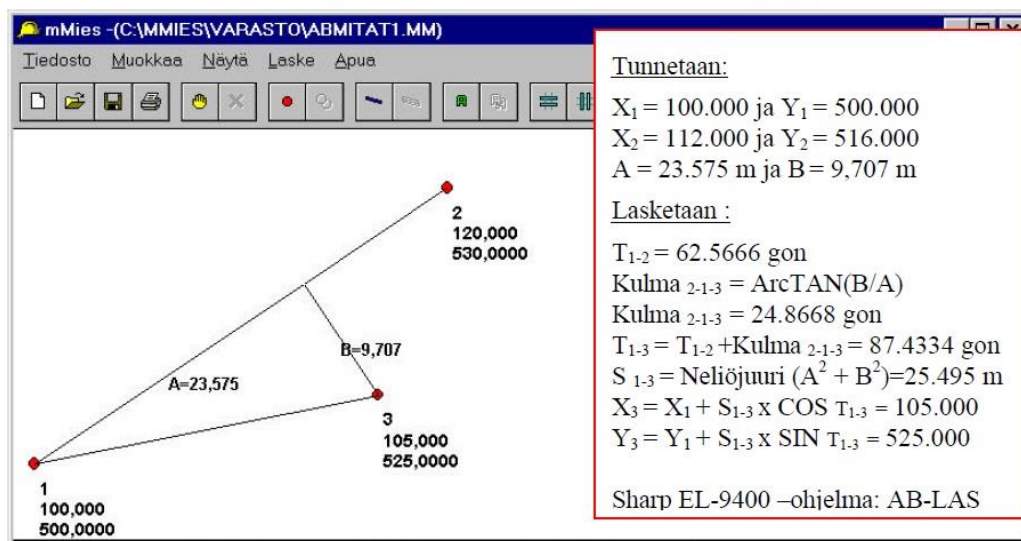
Satelliittien avulla tehtävät eli GPS-paikanmääritykset ovat kehittyneet nopeasti viimeisen vuosikymmenen aikana. GPS-mittaus perustuu maanpinnalla olevan vastaanottimen ja taivaalla lentävien satelliittien väliseen sijainnin ja välimatkan suhteeseen. GPS-mittauksen paras puoli on sen kyky muodostaa oma sijaintinsa ilman varsinaisia runkopisteitä. GPS-mittaukset ovat tänä päivänä erittäin tarkkoja sijaintinsa lisäksi myös korkeustasonsa puolesta. GPS-mittauslaitteiden kehityksessä niiden koko on pienentynyt ja ne ovat helposti kuljetettavissa yhden mittaushenkilön mukana.

8 KOORDINAATTIEN LASKENTA

8.1 Rakennuksen nurkkien koordinaattien laskenta

Rakennuksen merkintämittauksessa joudutaan määrittämään rakennuksien nurkille koordinaatit, jotta ne voidaan merkitä maastoon takymetrillä. Koordinaatit voidaan laskea asemapiirroksen mitoituksesta, kun tiedetään tontin rajapyykkien koordinaatit. Alla 14 olevan laskentakaavan avulla, voidaan laskea nurkkapisteen koordinaatit funktiolaskimella. Mikäli käytettävissä on kaupallinen maanmittausohjelmisto voidaan laskea tarvittavat koordinaatit helposti sen avulla.

AB-LASKENTA: Tunnetaan linja 1-2 ja linjan suuntaiset a- ja b-mitat. Tehtävänä on määrittää mittapisteelle koordinaatit. Jos pisteen merkitään erilliseltä ASP:ltä, on kysymys vertailulinjasta.



Kuva 14. AB-laskenta koordinaattien laskemiseksi ./11/

9 MITTAUSRATA

9.1 Mittausradan tarkoitus

Mittausradan tarkoituksena on antaa oppilaille mahdollisuus kokeilla luennoilla opittuja asioita myös käytännössä. Vanha sanonta ”vain tekemällä oppii” on edelleen hyvin paikkaansa pitävä. Käytännön harjoitteiden tekeminen koulun alueella on ollut vaikeaa, kun oppilasmäärät kursseilla ovat olleet isoja. Lähes 40 oppilaan ryhmän kanssa toimiminen maastossa on mahdotonta, mikäli tavoitteena on, että oppilaat pääsisivät itse kokeilemaan mittalaitteita. Luento-osuudet pystytään toki vetämään läpi isollakin porukalla, mutta kaikki teknisiin mittauslaitteisiin liittyvät käytännön harjoitukset olisi pystyttävä tekemään pienissä ryhmissä. Puolustusvoimissa hyväksi koetun rastikoulutuksen käyttö on avannut mahdollisuuden isommankin ryhmän kouluttamiseen. Mittausharjoituksen harjoitteet on jaettu 5 eri osaharjoitukseen, jotka kaikki on ohjelmoitu kirjallisella ohjeistuksella. Tehtävänanto on annettu harjoituksen alussa ensin kaikille yhteisesti, mutta sen jälkeen pienryhmäkohtaisilla tarkemmilla ohjeilla. Nyt rakennettu mittausrata harjoitustehtävien avulla antaa oppilaille aidon kokemuksen siitä, miten työt työelämässä tehdään. Parasta antia maastoharjoituksissa ovat olleet oppilaiden huomiot siitä, miten, tärkeää on ollut opiskella mittausausta ensin teoriassa. Vankan teoriapohjan päälle tehdyt käytännön maastomittausharjoitukset luovat hyvän pohjan matkalle työelämään. Tyypillisiä rastikoulutuksen aiheita ovat olleet: korkeuden siirto, jono-vaaitus, talon merkkäminen maastoon takymetrillä, rakennuksen merkkäminen maastoon suorakulmaisella mittausmenetelmällä kulmaprisman, mittanauhan ja mittakeppien avulla, tasolaserin käyttöönotto ja korkeuksien siirto sen avulla.

9.2 Suunnittelu ja rakentaminen

Mittausrata oli tarkoitus rakentaa ensin Vaasaan yliopiston ranta-alueelle, mutta rakennustekniikan opettamisen keskittäminen Seinäjoelle muutti suunnitelmia. Mittausradan rakentaminen Seinäjoelle palvelee mittausmekaniikan sekä maanra-

kennus ja mittaukset kurssien opetusta useiden vuosien ajan. Mittausrata suunniteltiin Seinäjoen Campus-alueelle rakennustekniikan laboratorion ympäristöön joen ja Framin rakennusten väliselle alueelle. Mittausrata syntyi alueelle mitatuista kiintopisteistä ja alueen rajapisteiden hyödyntämisestä harjoitusmateriaalien teossa. Alueelle rakennetaan ”virtuaalitonnteja”, joille suunnitellaan niin lomiasuntoja kuin omakotitalokin. Rakennussuunnitteluun kuuluvia suunnittelun mitaustehtäviä, kuten pintavaaitusta, voidaan harjoitella jokitöyrään jyrkemmillä osuuksilla. Nyt toteutettu mittausrata antaa mahdollisuuden soveltaa alueelle lähes kaikkia mahdollisia mittaustekniikoita. Mittausteknisesti rakennusmittauksien harjoitteluun vaadittaisiin paikalle mahdollisuus merkitä anturamitoituksia ja valmiin anturan päälle tehtäviä muurauslinjojen merkintöjä sijainnin ja korkeuksien osalta. Ennen mittauksia rakennettiin alueelle 5 uutta kiintopistettä. Kiintopisteet ovat asfalttiin ruuvattuja itseporautuvia 50 mm pitkiä haponkestäviä teräsruuveja. Kiintopisteet rakennettiin sopiviin paikkoihin tukemaan tulevia mittaradan harjoitusalueita. Rakentamisen jälkeen pisteet näkyvöitettiin merkintämaalilla. Kiintopisteistä tehtiin pisteselityskortit, joissa pisteet yksilöidään vallitsevan käytännön mukaisesti.

9.3 Mittausradan määritysmittaukset

Mittausradan määritysmittaukset tehtiin 9.5.2017 Trimblen RTK R8 GPS -laitteella. Sää mittaushetkellä oli poutainen ja lämpötila +2 astetta. GPS-mittauksessa GPS-vastaanotin alustaa itselleen maastokoordinaatit taivaalla lentävien satelliittien avulla. GPS-laitteen tekemän alustuksen oikeellisuutta voidaan arvioida kojeen omien virheparametrien avulla, mutta se on hyvä tarkistaa mittauksen alkaessa alueella olevien tunnettujen kiintopisteiden avulla. Mittauksen lähtöarvoja tarkistettiin ensin alueella olevista Seinäjoen kaupungin mittauspisteistä. Korkeustaso tarkistettiin korkeuskiintopisteeltä nro 589 (+46,62 N2000) ja tasokoordinaattien oikeellisuus kiintopisteeltä nro 7379. Tarkistusmittauksien jälkeen mittauslaitteistolla mitattiin X-, Y- ja Z-koordinaatit rakennettuihin 5 uuteen kiintopisteeseen. Koordinaatit mitattiin ETRS-GK23 tasokoordinaatistossa ja kor-

keusjärjestelmänä käytettiin N2000-korkeusjärjestelmää. Kukin kiintopiste mitattiin kolme kertaa. Mittauskertojen välissä vastaanotin pakkoalustettiin ennen seuraavaa mittausta. Kiintopisteen koordinaateiksi määritettiin näiden kolmen mittahavainnon koordinaattien keskiarvot.



Kuva 15. Trimble RTK R8 GNS -vastaanotin kiintopisteiden mittauksessa.

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttaa merkittävästi mittaussauvan pystysuoruus. Kiintopisteiden mittauksissa mittaussauva pystytettiin pystysuoraan sauvassa olevan rasiatasaimen ja kolmijalkaisen statiivin avulla. Tehtyjen mittauksien jälkeen suoritettiin vielä sulkumittaukset lähtöpisteeseen tulosten oikeellisuuden varmistamiseksi. Mittausten jälkeen mittautulokset siirrettiin muistitikkuun ja käsiteltiin 3D-Win nimisessä maastomittausohjelmassa. Koordinaatit listatiin ja niistä piirrettiin verkkopiirros.

9.4 Harjoitustehtävät mittausradalla

9.4.1 Tontin kulmien merkintä maastoon

Tehtävänä on merkitä puupaaluilla maastoon tontin 2 rajapisteet 104,105, 106 ja 107. Tontin kulmien ja tarvittavien kiintopisteiden koordinaatit löytyvät liitteiden 1 ja 3 koordinaattiluetteloista. Haetaan tarvittava kalusto mittausvälinevarastosta

ja etsitään kartan ja pisteselityskorttien avulla mittauksessa käytettävät kiintopisteet. Suunnitellaan maastossa parhaiten tähän työhön sopiva orientointitapa. Jos kaikki mitattavat pisteet, voidaan nähdä toiselta kiintopisteeltä, voidaan suorittaa orientointi siten, että asetetaan takymetri toiselle kiintopisteelle ja viedään suuntapisteelle eli liitospisteelle prisma-auva. Jos mitattavat kohteet eivät näy kiintopisteiltä, niin koje voidaan viedä sellaiseen kohtaan, josta nähdään sekä kiintopisteet (vähintään 2) että mitattavat kohteet. Tällöin suoritetaan ns. vapaan asemapisteen orientointi jossa koje määrittää oman sijaintinsa liitospisteinä toimiviin kiintopisteisiin. Kun takymetrin orientointi on suoritettu, suoritetaan rajapisteiden mittaus maastoon. Tarkista lopuksi mittauksen onnistuminen mittaamalla rajapisteiden välit mittanauhalla. Vaadittu mittaustarkkuus tässä tehtävässä on 0-20 mm.

9.4.2 Rakennuksen merkintä maastoon

Tässä mittaustehtävässä tehtävänä on tyypillinen rakennusvalvontamittaustehtävä eli mitata rakennusluvan mukaisesti uudisrakennus paikalleen tontilla. Rakennuksen maastomerkintä tapahtuu asemapiirroksen (Liite 9) mitoista laskettavien koordinaattien avulla. Koordinaattilaskennan suorittaa työelämässä kunnan tai kaupungin mittausviranomaisen, kun rakennuslupa on myönnetty. Koordinaattiluettelosta (liite 1) löydät tontin kulmapisteiden eli rajapyykkien koordinaatit. Asemapiirroksen mitoitukselta voit laskea tarvittavien kulmien koordinaatit joko funktiolaskimella tai käytettävissä olevalla mittausohjelmistolla. Käytettävissä olevalla kaupallisella 3D-win ohjelmistolla nurkkapisteiden koordinaattien laskenta on nopeaa ja vaivatonta. Ohjelmalla voi tulostaa mittausporukalle kartan koordinaatteineen. Funktiolaskimella laskettaessa voidaan käyttää kuvassa 14 olevia kaavoja. Merkitse rakennuksen kulmapisteet juuripaalulla ja laita nasta tarkkaan keskuspaikkaan. Jos nurkkapisteiden laskenta tuottaa vaikeuksia tai haluat tarkistaa laskemasi koordinaatit, voit tarkistaa ne liitteestä 1.

9.4.3 Tontin pintavaaitus

Rakentamista suunniteltaessa on hyvä ennalta selvittää rakennuspaikan korkeus-
suhteet tekemällä pintavaaitus. Pintavaaituksessa mitataan rakennuspaikan maan-
pinnan korkeustasoja maastossa. Pintavaaitus voidaan suorittaa joko takymetrillä
tai vaaituskojeella. Takymetrillä kartoitus tehdään tunnetuilta pisteiltä säteittäises-
ti. Maastossa on tarpeen saada kartoitettua pinnanmuodot, yksityiskohdat ja mah-
dolliset alueiden reunaviivat, kuten tiet, polut, nurmialueen reuna yms. Takymet-
rillä mitattua dataa voidaan käsitellä ja muokata mittausohjelmistolla haluttuun
muotoon. Lopuksi mittauksista voidaan tulostaa paperinen kartta tai käyttää syn-
tynyttä kolmiulotteista materiaalia digitaalisessa suunnittelussa CAD-ohjelmilla.

Tässä harjoituksessa tehdään pintavaaitus tontille 6 käyttämällä vaaituskojetta ja
lattaa. Mikäli maastossa ei ole merkitty rajapisteitä, voit merkitä ne GPS-
mittauslaitteella. Tontin 6 rajapisteiden koordinaatit löytyy liitteestä 8. Pinta-
vaaitus tehdään ruutuvaaituksena. Ruutuvaaitus on nimensä mukainen eli kor-
keusmittaukset tehdään alueelle suorakulmaiseksi linjatun ruudukon risteävistä
pisteistä. Ruudukon koko harkitaan vaadittavan tarkkuuden sekä alueen maaston
mukaan. Ruutujakona tässä harjoituksessa on 5 x 5 metriä. Ruudukko voidaan
tarvittaessa ulottaa mitattavan tontin ulkopuolelle. Mittaa ruudukko suorakulmai-
sen mittauksen menetelmin rajapyykeistä. Ruutuvaaituksessa tehtävä korkeuden-
mittaus vaatii tunnetun korkeuden mittausalueelle. Käytä korkeusjärjestelmänä
alueella olevia kiintopisteitä ja niille mitattuja korkeustasoja. Jos pintavaaitusta
tehtäessä ei ole saatavissa virallista korkeustasoa, voidaan mittaukset sitoa ns. eril-
liskorkeusjärjestelmään ja mitata käytetty taso johonkin kiinteään kohteeseen,
esimerkiksi kiveen. /2/

Mittausta tehtäessä kannattaa koko ajan piirtää työpiirustusta mitatuista kohteista.
Havainnekuvaan piirretään mitattavan tontti ja siihen päälle käytetty ruudukko.
Ruudukkojen solmupisteisiin merkitään niille vaaitsemalla määritetyt korot tai
maastotyövaiheessa latan lukema kojekorkeudesta alaspäin miinuslukemana. Mit-
taus aloitetaan määrittämällä ensin vaaituskojeen kojekorkeus mittaamalla tunne-

tulta korkeuspisteeltä ”taakse”-lukema. Kun kojekorkeus on saatu laskettua, havaitaan kaikki lattalukemat ”eteen”-lukemina. Nyt mitatut lukemat antavat kojekorkeudesta vähentämällä erotuksena maaston pinnan korkeuslukeman. Lopulliset maaston ruudukon solmukohtien korkeuslukemat voidaan näin laskea sitten sisätyönä maastomittausten jälkeen. Ruutujen koko voidaan tihentää tarvittaessa osissa, jos maastomuodoissa on voimakkaita muotoja, joita käytetty ruutukoko ei pysty erottamaan muusta maastosta. Esimerkiksi mäen nyppylä tai voimakas painanne ei välttämättä tule kuvatuksi riittävästi, mikäli on käytetty isoa ruutukokoa. Puhtaaksi piirrettynä pintavaaitus voidaan tulostaa kartalle tai skannata digitaaliseen muotoon ja hyödyntää talonrakennuksen ja maanrakennuksen suunnittelussa.

9.4.4 Jonovaaitus

Maastoharjoituksista sen tärkeimmän on muodostanut perinteisesti jonovaaitus. Jonovaaitus on henkilökohtainen harjoitus, jossa korkeutta viedään lähtöpisteestä annetun tehtävän mukaan päätepisteeseen vaaiten matkalla annettuja mittauskohteita. Lähtöpisteinä käytetään mittaradan kiintopisteitä. Jonovaaituksen tehtävänannossa oppilaille annetaan lähtöpisteinä toimivan kiintopisteen numero ja lähtökorko. Lisäksi määritetään vaaitusreitti ja sen varrella mitattavat yksityiskohdat. Lopuksi mittaus päätetään tunnettuun korkeuspisteeseen ja suljetaan siihen. Havaitut poikkeamat sulkupisteen tunnetusta korkeudesta ovat olleet ns. sulkuvirhettä. Mittausten jälkeen kukin opiskelija laatii mittaustyöstä kirjallisen mittausraportin. Mittausraportissa esitetään mittauksen kulku, tehdyt havainnot ja lopuksi laskut, joissa on esitetty vaaditut mittaukset. Mittausraportti päättyy sulkuvirheen esittämiseen ja pohdintaan, miten tähän on päädytty. Jos sulkuvirhe ei ole hyväksytyissä rajoissa, on oppilaan pyrittävä analysoimaan omaa suoritustaan ja löytämään syy syntyneisiin sulkuvirheisiin. Tarvittaessa mittaustyö tehdään uudestaan valvonnan ja ohjauksen alaisena.

9.4.5 GPS-mittaus

GPS-laitteella harjoitellaan laitteen käyttöä ja sillä tehtäviä mittauksia. Aluksi laite alustetaan ja vertaillaan alustuksen oikeellisuutta mittaradan kiintopisteisiin. Laite ilmoittaa alustuksen onnistumisen, joka voidaan arvioida kojeen omien virheparametrien avulla. Mittaustarkkuus tarkistetaan X-, Y- ja Z-koordinaattien osalta. Kun mittauslaitteisto on valmiina, katsotaan tehtävänantolomakkeesta, mitä on tarkoitus mitata. Tässä harjoituksessa merkitään maastoon rantatontti 3. Rajapisteiden koordinaatit on ilmoitettu liitteessä tehtävässä. Rajamitat tarkistetaan lopuksi mittanauhalla. Rajapisteiden lisäksi tontille merkitään korkeustaso N2000-järjestelmässä. Käytä korkeuden mittaukseen puurimaa tai vastaavaa.

9.4.6 Muurauslinjan määrittäminen anturalle

Asvaltin reunakoroke toimii anturana (liite 11). Tehtävänäsi on merkitä muurauslinja korokkeen keskijalalle mittakepeillä. Pystytä 1000 mm:ä pitkät ohjurilaudat tukevasti ”anturan” päihin ja mittaa niihin sopiva jako muurattaville kevytsoraharkoille HB 100 mm x 190 mm x 590 mm. Huomioi anturan mahdolliset korkeuserot. Määritä jako siten, että anturan korkeimmalle kohdalle jää harkon alimman harkon alle 10 mm:n laastivara. Käytä mittauksessa vaaituskojetta, lattaa ja mittanauhaa. Viritä lopuksi linjalanka ohjureiden väliin muurausta varten.

9.4.7 Tasolaser

Tässä tehtävässä harjoitellaan tasolaserin käyttöä. Tutustu tasolaserin käyttöoppaaseen ja kokoa laite mittauskuntoon. Pystytä tasolaserin kolmijalka tukevasti ja kiinnitä itse mittauslaite jalustaan. Tehtävänäsi on merkitä tontin 1 (liite 9) takarajan rajalinjalle 7 – 14 mittakepit 4 metrin välein. Tarkoitus on merkitä mittakepeihin pintamaan kaivuutaso 1- metrin ajokepile. Mittaa mittakepeihin sihtilapuilla tontin pinnan alimmasta kohdasta +0,5 metriä ylempi taso. Ensimmäisenä tehtävänä on katsoa kojeelle hyvä sijainti mittauksia varten. Sen jälkeen kartoita tontin pinnan tasoja ja etsi matalin kohta. Siirrä lopuksi tunnettu korkeustaso kiintopisteeltä tontille.

9.4.8 Suorakulmaisesta mittausmenetelmän käyttö

Suorakulmaisella mittauksella eli ab-mittauksella voidaan kartoittaa ja merkitä kohteita maastossa. Välineet ovat hyvin yksinkertaiset eli mittanauha, kulmaprisma ja mittakepit. Tässä tehtävässä on tarkoitus merkitä maastoon rantasauna tontille 3. Valitaan sopiva raja vertailulinjaksi ja laitetaan mittanauhan 0-kohta mitoituksen alkupisteeksi valitulle rajapyykille. Vedetään mittanauha auki rajalinjalla kohti suuntapyykkiä ja rajalinjaa pitkin. Kulmaprismalla ja mittanauhalla voidaan määrittää asemapiirroksista (liite 6) löytyvillä mitoilla rakennus paikalleen. Mittaa lopuksi mittanauhalla ristimitat tarkistaaksesi, oletko onnistunut tehtävässäsi.

Kartoitusmittauksessa tontilla oleva rakennus kartoitetaan rajapyykkien ja rajalinjojen suhteen. Mittanauhalla mitataan rakennuksen kulmien etäisyys rajapyykistä ja suorassa kulmassa etäisyys rajalinjasta. Jos rajapyykeille on olemassa koordinaatit, voidaan rakennuksien kulmille laskea koordinaatit.

9.4.9 Mittausraportti

Mittausraportti on kirjallinen dokumentointi tehdystä mittauksesta. Mittausraporttiin kirjataan tarkat yksityiskohdat mittauksesta liittyen. Mittausraportissa kerrotaan, mitä ja missä on mitattu ja kuka on mitannut sekä mittauksissa käytetyt mittausmenetelmät. Käytetyt mittauslaitteet yksilöidään: merkki, malli, sarjanumero, tiedot viimeistä kalibrointipäivästä. Mittauspäivän sää: lämpötila, ilmanpaine, lähtötiedot, tehdyt havainnot, mittauksien tulokset, arviot tulosten oikeellisuudesta. Mittausraportti päättyy sulkuvirheen esittämiseen ja pohdintaan, miten tähän on päädytty. Jos sulkuvirhe ei ole ollut hyväksytyissä rajoissa, on opilaan pyrittävä analysoimaan omaa suoritustaan ja löytämään syy syntyneisiin sulkuvirheisiin. Liitä mittausraporttiin kuvia mittauksesta ja mitatuista yksityiskohdista. Tulosta mittausraportti sen valmistuttua.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tämän insinööriyön pohjalta suunniteltu mittausrata tulee todella tarpeeseen. Mittaustekniikan opettamisessa käytännön harjoittelu antaa opiskelijalle paremman tuntuman opetettavaan aiheeseen, kuin pelkän teoreettisen opetuksen antaminen. Mittausrataa suunniteltaessa pyrin ottamaan huomioon tärkeimmät mittaustilanteet, joita rakennusmittauksissa tulee esiin. Pyrkimyksenä on, että kun opiskelija kohtaa työelämässä mittaustehtävän, osaa hän tunnistaa sen vaatimat toimenpiteet mittausradalla tehtyjen harjoitusten perusteella.

Syksyllä 2017 alkaa Seinäjoen ammattikorkeakoululla maanrakennus ja mittaustekniikka-kurssi, jonka maastotöissä päästään kokeilemaan rakennettua mittausrataa. On todennäköistä, että mittausrataa tullaan kehittämään käytännön kokemusten perusteella. Mikäli alueelle saisi rakentaa kiinteitä rakenteita, niin radasta saisi nykyistä todenmukaisemman.

Yhteenvetona voisin todeta, että tätä työtä on ollut erittäin mielenkiintoista suunnitella ja toteuttaa. Olen päässyt tässä työssä toteuttamaan vuosien haaveen, joka helpottaa ja monipuolistaa mittaustekniikan opetusta. Rakennustekniikan opiskelu on ollut hyvä harrastus reilun 9 vuoden ajan. Mahdollisuus opiskella ja samaan aikaan opettaa, on antanut hyvän mahdollisuuden nähdä ammattikorkeakoulun opetus kokonaisuutena, johon on voinut opettajana itsekin vaikuttaa. On mahtavaa saada opettaa omaa entistä ammattiaan motivoituneille opiskelijoille ja nähdä kuinka teoriatuennot ja käytännön harjoitukset yhdistyvät opiskelijalle ammattitaidoksi.

LÄHTEET

- /1/ Laurila Pasi. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja. Jyväskylä. Kopijyvä Oy.
- /2/ Eskola R., Peltoniemi H. 2011. Viherympäristön mittaustekniikka ja paikkatieto. Helsinki. Tammerprint.
- /3/ Poutanen Markku. 2016. Satelliittipaikannus. Ursan julkaisuja 152. Tallinna. AS Pajon.
- /4/ Niemelä Osmo. 2004. Maasto ja kartta. Kartanvalmistajan ja kartankäyttäjän käsikirja. Helsinki. maanmittauslaitos. Genimap Oy. Suomen Kartografinen seura. Keuruu. Otavan Kirjapaino Oy.
- /5/ Rantanen Pasi. 2001. Maastomittauksen perusteet.1. – 2. painos. Vammala. Vammalan kirjapaino Oy.
- /6/ Wikipedia. Vesivaaka. viitattu 17.5.2017.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Vesivaaka>.
- /7/ Johtokartta. 2017. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunki. viitattu 9.5.2017
<http://www.hel.fi/www/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maa-ja-kalliopera/johtotiedot/johtokartta>
- /8/ Mittauspalvelut. 2017. Helsingin kaupunki. Verkkodokumentti. viitattu 10.5.2017. <http://www.hel.fi/www/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/mittauspalvelut>.
- /9/ Johtokartta. 2017. Helsingin kaupunki. Verkkodokumentti. viitattu 9.5.2017.
<http://www.hel.fi/www/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maa-ja-kalliopera/johtotiedot/johtokartta>.
- /10/ Sijaintikatselmus. 2017. Helsingin kaupunki. Verkkodokumentti. viitattu 9.5.2017, <http://www.hel.fi/www/helsinki/fi/asuminen-ja-ymparisto/tontit/maanmittauspalvelut/mittauspalvelut+rakentajille/maastoonmerkinta+ja+sijaintikatselmus>)
- /11/ M-Mies oy.1988-1999. NyRa. Nykyaikainen rakennusmittaus. Opetusministeriö. Turku

LIITE 1.

KOORDINAATTILUETTELO osa 1

	NRO	X	Y	Z
uusi mittapiste	20170	65064.961	90803.809	44.158
uusi mittapiste	20171	65096.112	90926.919	43.085
uusi mittapiste	20172	65155.436	90932.838	42.819
uusi mittapiste	20173	64897.099	90972.785	43.560
uusi mittapiste	20174	64834.795	90996.490	43.108
monikulmiopiste	7397	64979.344	90778.824	45.064
korkeuskiintopiste	589			46.620

Tontin 1 rajapyykit

1	65164.872	90943.719
7	65175.350	90965.122
14	65151.998	90976.554
4	65144.000	90960.217
5	65146.230	90945.760
6	65156.974	90940.512

Rakennuksen kulmien koordinaatit (tontti 1)

102	65164.785	90955.577
101	65169.278	90964.755
100	65152.026	90973.200
104	65148.193	90965.370
105	65151.956	90963.528
106	65151.297	90962.181

Tontin 2 rajapyykit

105	65119.976	90935.142
106	65117.668	90960.035
104	65139.890	90936.988
107	65137.582	90961.881

Rakennuksen kulmien koordinaatit (tontti 2)

20	65124.493	90940.582
21	65132.459	90941.321
22	65131.813	90948.291
23	65123.847	90947.552

LIITE 2.

KOORDINAATTILUETTELO osa 2

NRO	X	Y
-----	---	---

Tontin 3 rajapyykit

100	65098.070	90933.111
101	65096.408	90951.034
108	65115.953	90956.863
102	65117.984	90934.957

Rakennuksen kulmien koordinaatit (tontti 3)

30	65101.591	90938.459
31	65109.557	90939.197
32	65109.003	90456.172
33	65101.038	90944.433

Tontin 6 rajapyykit

40	65180.003	90992.795
41	65182.635	90967.934
42	65202.524	90970.040
43	65199.891	90994.901

Tontin 5 rajapyykit (Labra)

25	65151.357	90872.969
26	65096.405	90876.205
27	65093.368	90929.662
28	65156.326	90935.499

Tontin 4 rajapyykit (P-alue)

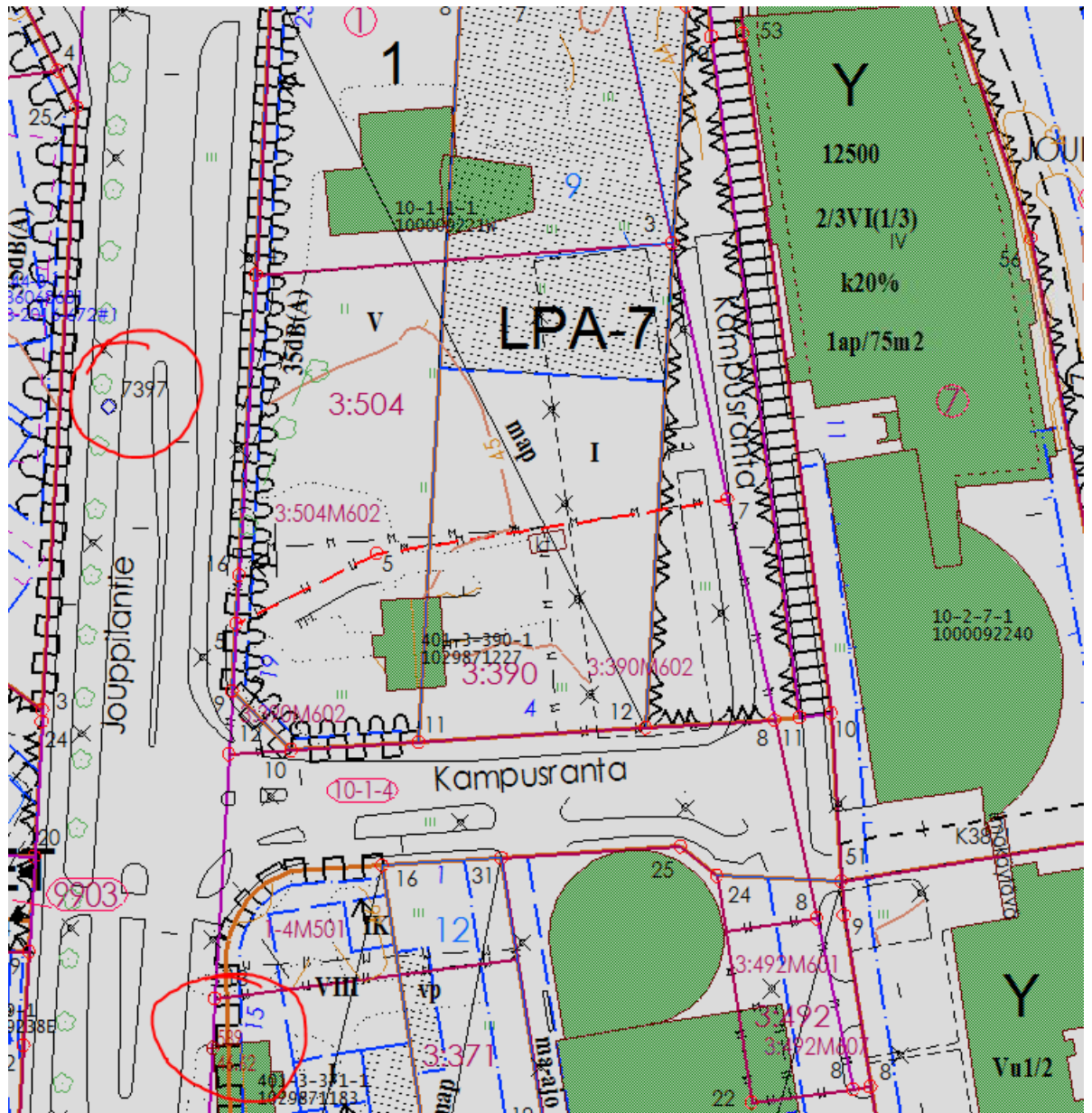
17	65195.739	90939.154
22	65191.836	90890.032
23	65175.666	90888.524
24	65174.322	90871.617
25	65151.357	90872.969
28	65156.326	90935.499

LIITE 3.

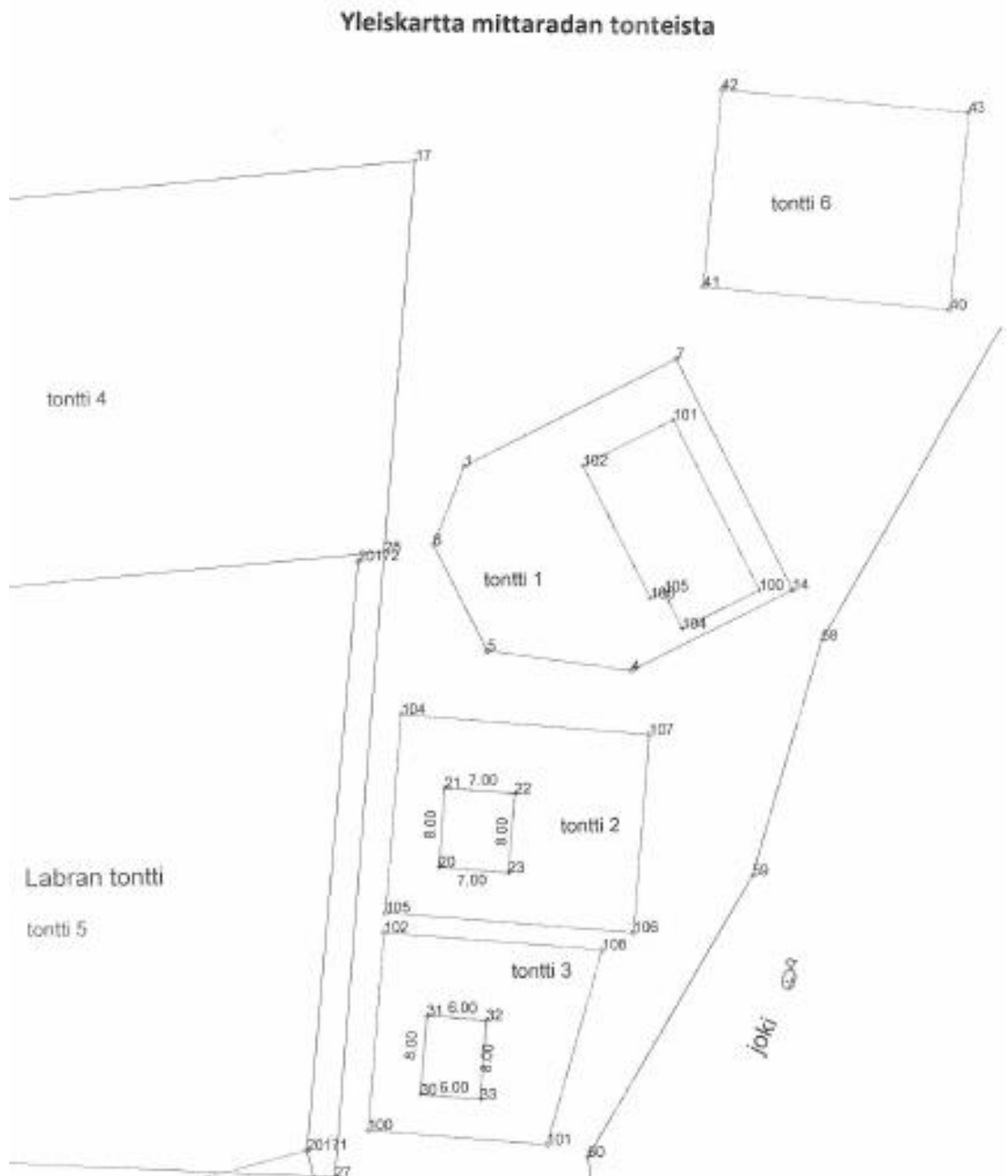
MITATTU 1970		Y 3994I	K P KIINTOPISTE		
LASKETTU 1971		X 556I	LUOKKA	KARTTALEHTI	N:o
LASKIJA		H 45,84/NN		L 5	589
MERKKI: PALLOPULTTI SOKKELISSA			PIIRROS PISTEEN YMPÄRISTÖSTÄ:		
+45 CM MAANPINNASTA			(JOU PP I LA)		
KESKUSMERKIN LÄPIMITTA: 30 MM			3389		
RAKENNETTU V. 19			3366		
RAKENTAJA: Mittausosasto					
SIDEMITAT:					
1. 0,34 sokk.nurkasta					
2.					
3.					
4.					
LISÄSELVITYS PISTEESTÄ					
JOU PP I LANTIE N. VARRELLA					
SUUPOHJANTIELTÄ ETELÄÄN n. 450 m					
E AIA - VARVIN KAUPPA					
NAAPURIPISTEET: JONO N:o					
PISTE N:o	SUUNTAKULMA	ETÄISYYS			

MITATTU 19		Y	KIINTOPISTE		
LASKETTU 19		X	LUOKKA	KARTTALEHTI	N:o
LASKIJA		H			7397
MERKKI: rautaputki maakivessä			PIIRROS PISTEEN YMPÄRISTÖSTÄ:		
+15 CM MAANPINNASTA					
KESKUSMERKIN LÄPIMITTA: MM					
RAKENNETTU V. 1992					
RAKENTAJA: mitt.os. M.k.					
SIDEMITAT:					
1. 9.06 lahtypylv.					
2. 21.42 -1.2					
3. 3.09 asf. rampa					
4. 22.48 kaivusta (s. nollasta)					
LISÄSELVITYS PISTEESTÄ					
NAAPURIPISTEET: JONO N:o					
PISTE N:o	SUUNTAKULMA	ETÄISYYS			

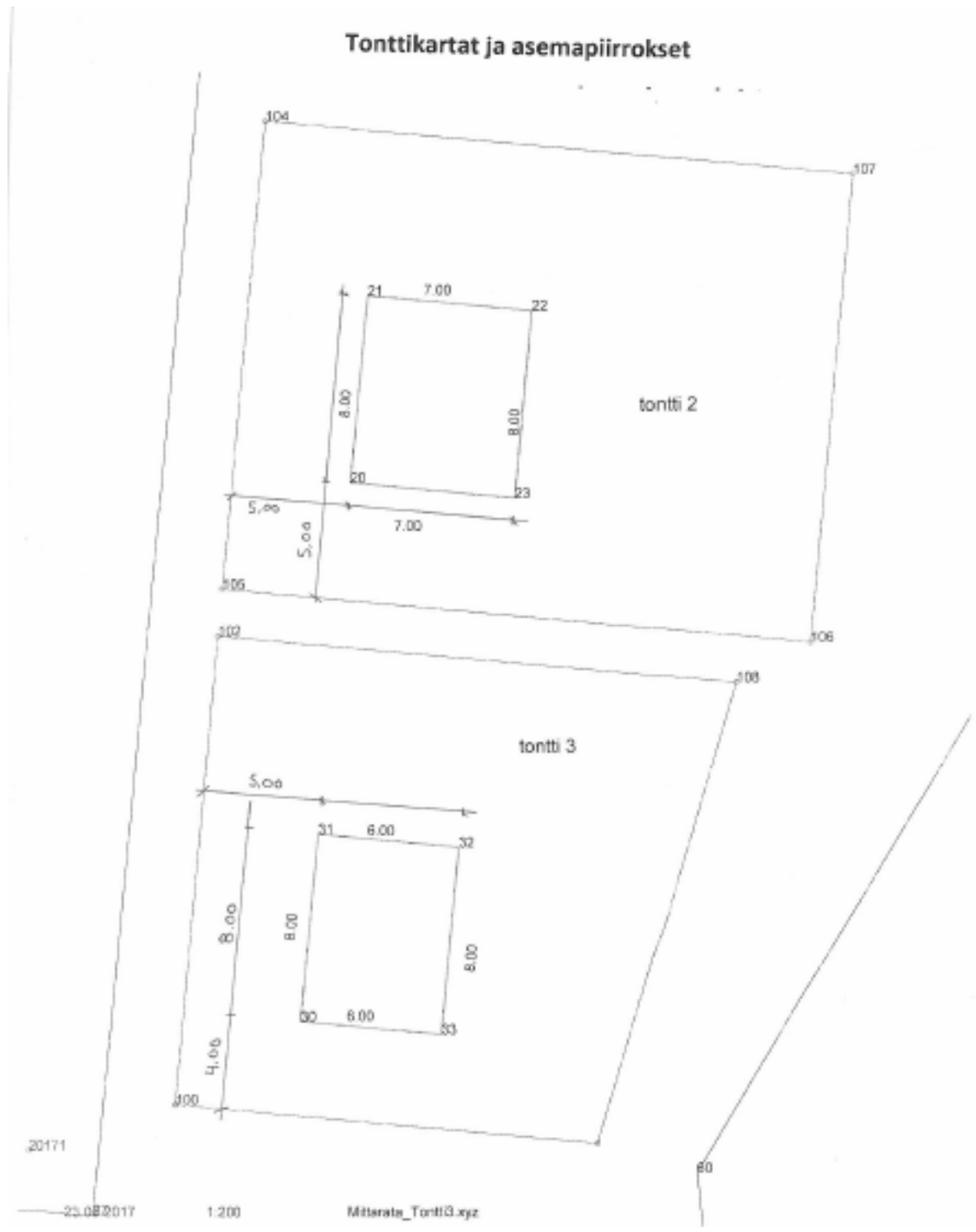
LIITE 4.



LIITE 5.

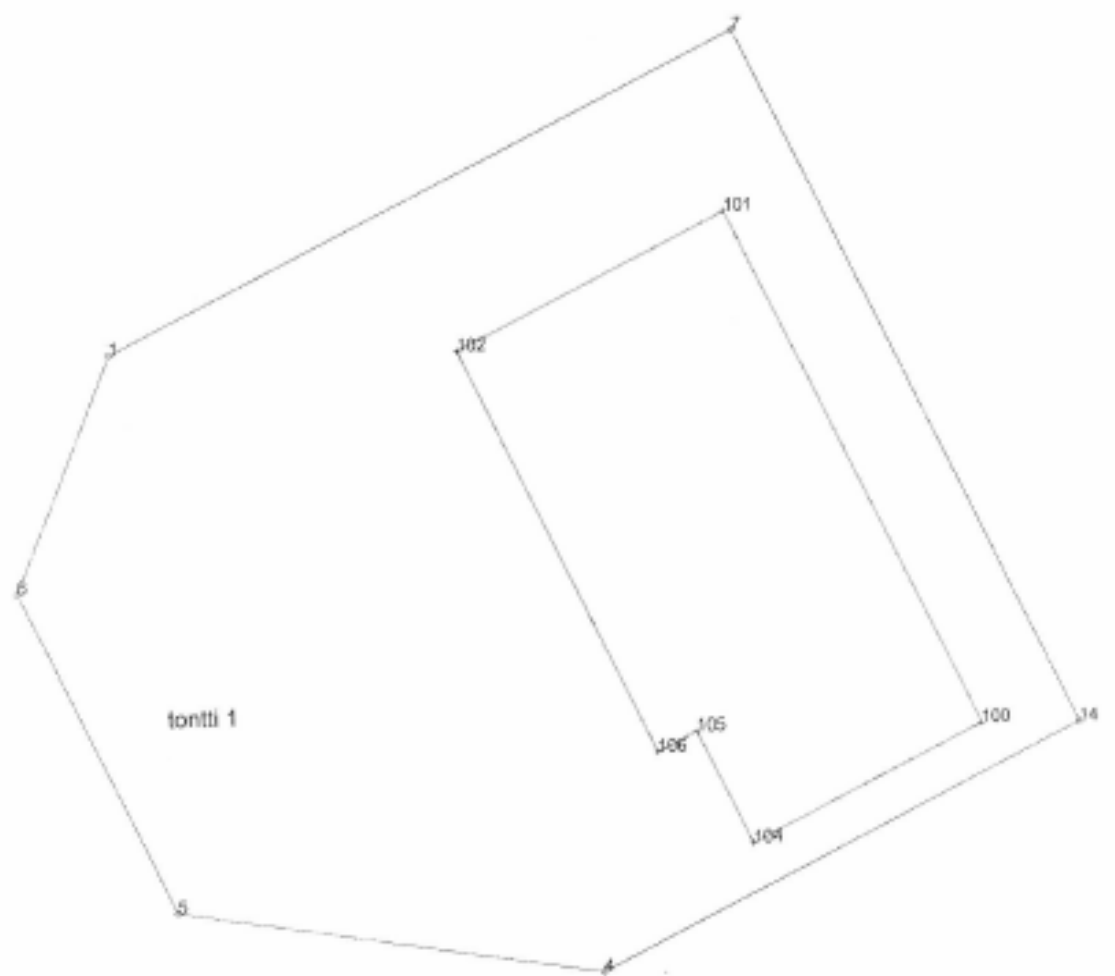


LIITE 6.



LIITE 7

Tonttikartta tontti 1



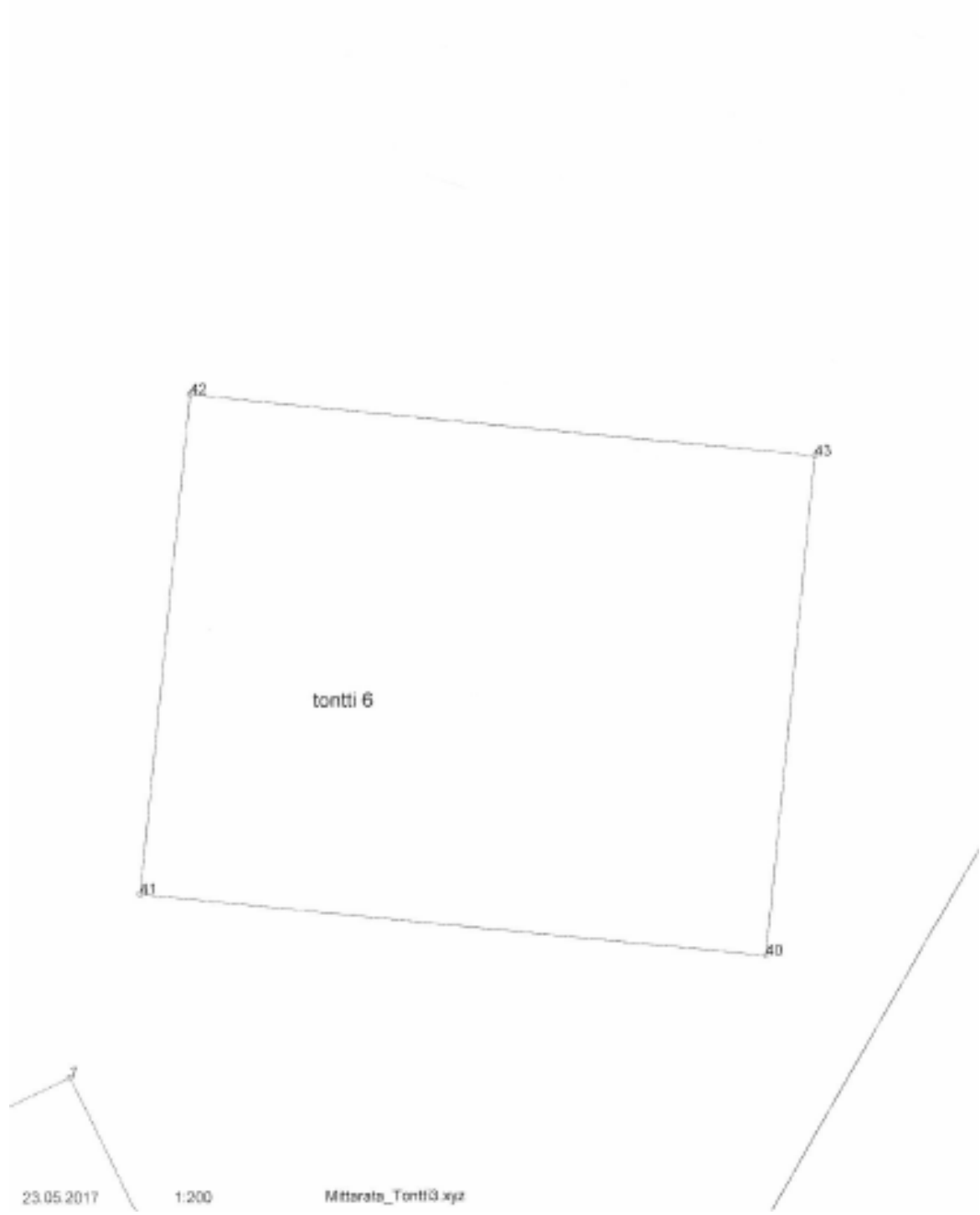
23.06.2017

1:200

Mittarata_Tontti3.xyz

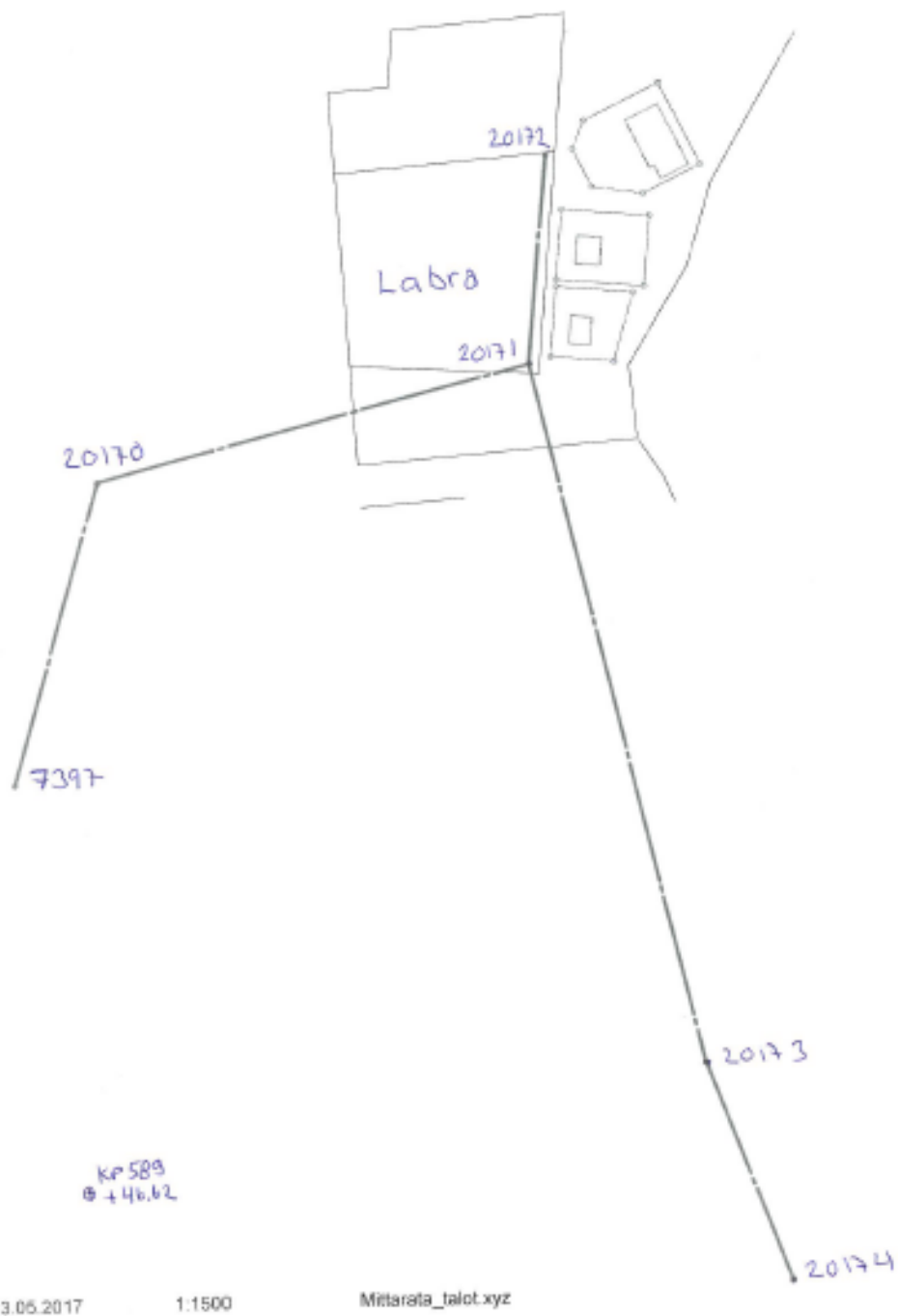
LIITE 8

Tonttikartta tontti 6



LIITE 10.

RUNKOVERKKKOPIIRROS



Liite 11

