

OPINNÄYTETYÖ

Jarmo Puro

Teemu Vedenpää

2013

**Maanpäällisen kiintopisteverkon yhtenäis-
täminen Pahtavaaran kaivoksella**



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

MAANMITTAUSTEKNIikka



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
LUC

ROVANIEMEN AMMATTIKORKEAKOULU

TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

Maanmittaustekniikan koulutusala

Opinnäytetyö

MAANPÄÄLLISEN KIINTOPISTEVERKON YHTENÄIS- TÄMINEN PAHTAVAARAN KAIVOKSELLA

Jarmo Puro & Teemu Vedenpää

2013

Toimeksiantaja Lapland Goldminers Oy

Ohjaaja TkL Pasi Laurila

Tekijä	Jarmo Puro ja Teemu Vedenpää	Vuosi	2013
Toimeksiantaja	Lapland Goldminers Oy		
Työn nimi	Maanpäällisen kiintopisteverkon yhtenäistäminen Pahtavaaran kaivoksella		
Sivu- ja liitemäärä	30		

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi runkomittauksen periaatteita ja perehdyttiin Pahtavaaran kaivoksen kiintopisteverkon yhtenäistämiseen. Työssä käsiteltiin myös yleisellä tasolla kaivosalueen koordinaattijärjestelmää ja kiintopisteverkostoa sekä niissä ilmeneviä ongelmia.

Suurimmalta osin työssä käsiteltiin kaivoksella tehtyä mittaustyötä ja siihen liittyneitä mittausten menetelmiä. Työssä tarkasteltiin myös mittaustuloksia ja mittauksissa ilmenneitä virheitä sekä mahdollisia syitä niille.

Työn tavoitteena oli kertoa miksi ja miten kaivoksen maanpäällinen ja maanalainen kiintopisteverkko yhdistettiin. Runkomittauksiin perehdyttiin myös yleisellä tasolla. Mittausten tuloksena kaivosalueelle saatiin luotua luotettavampi kiintopisteverkko tulevia mittauksia varten.

Opinnäytetyössä käytetty mittaustulokset on kerätty Pahtavaaran kaivoksella toukokuussa 2013.

Avainsanat runkomittaus, kiintopisteverkko, koordinaattijärjestelmä, Pahtavaara

Author	Jarmo Puro ja Teemu Vedenpää	Year	2013
Commissioned by	Lapland Goldminers Oy		
Subject of thesis	Unifying the surface control point system at Pahtavaara Mine		
Number of pages	30		

This thesis discussed principles of control point surveying and became familiar with unifying the control point system of Pahtavaara mine. The thesis also addressed the coordinate system of the mining area and the control point system at a general level and problems that occurred in them.

For the most part the thesis went through surveying work and surveying methods associated with it. The thesis also examined the surveying results and the errors that came up, as well as the possible reasons for them.

The objective of the thesis was to explain why and how the control point system of the surface and the underground were unified. The control point surveys were also familiarised with at a general level. As a result of the surveys a more reliable control point system for the future surveys were created.

The survey material used in this thesis was collected from the Pahtavaara mine in May 2013.

Keywords control point survey, control point system, coordinate system, Pahtavaara

1 YLEISTÄ.....	1
1.1 PAHTAVAARA.....	1
1.2 TYÖN TAUSTAA JA TAVOITTEET	2
1.3 KIINTOPISTEET	3
1.4 TARKKUUSVAATIMUKSET	4
1.5 KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ.....	4
1.6 KALUSTO	5
1.7 RUNKOMITTAUKSET YLEISESTI	8
1.8 RTK-MITTAUS YLEISESTI.....	9
1.9 VIRHEET YLEISESTI.....	9
2 TYÖN VAIHEET.....	11
2.1 SUORITUSAJANKOHTA	11
2.2 MITTAUSTEN SUUNNITTELU JA VALMISTELU	11
2.3 MITTAUSMENETELMÄ.....	12
2.4 MITTAUS	13
2.5 LAADUNVARMISTUS.....	15
3 TULOKSET.....	18
3.1 MITTAUSTULOKSET	18
3.2 LAADUNVARMISTUKSEN TULOKSET	18
3.4 VIRHEARVIOINTI.....	19
4 YHTEENVETO.....	20
4.1 VAIHTOEHTOINEN MITTAUSTAPA.....	20
4.2 JOHTOPÄÄTÖKSET	21
5 LÄHTEET.....	22
6 LIITTEET.....	23

1 YLEISTÄ

1.1 Pahtavaara

Lapland Goldminers Oy on ruotsalainen kaivosyhtiö, jonka toimintaan kuuluu myös malminetsintä. Yhtiön strategiana on tuottavan kaivostoiminnan kautta jatkaa ja laajentaa toimintaansa uusilla alueilla joista kultaa on löydetty. Yhtiö on keskittänyt toimintaansa niin sanotun kultalinjan ympäristöön. Kultalinja on luoteissuunnassa Suomen ja Ruotsin läpi kulkeva alue, jossa on paljon malmiesiintymiä. Sen ympäristössä toiminnan jatkaminen antaa yhtiölle hyvä strategisen pohjan toiminnalleen. (Lapland Goldminers Oy 2013.)

Lapland Goldminers Oy on perustettu vuonna 1997 ja se työllistää 128 henkilöä. Yhtiön toiminnan kannalta tärkein kaivos sille on Pahtavaaran kulta-kaivos, joka sijaitsee suomen lapissa hieman Sodankylästä luoteeseen. Yhtiö hankki Pahtavaaran kaivoksen konkurssiin menneeltä Scan mining Oy:ltä keväällä 2008. Kaupassa se sai Scan Mining Oy:ltä itse kaivoksen lisäksi murskaamon, valtaukset, luvat ja rikastamon sekä toimistorakennukset. Kaivostoiminnan se pääsi aloittamaan joulukuussa 2008. Vuonna 2009 Pahtavaaran kaivos tuotti yhteensä noin 680 kg kultaa ja vuonna 2010 noin 740 kg. (Lapland Goldminers Oy 2013.)



Kuvio 1. Ilmakuva Pahtavaaran kaivosalueesta.

1.2 Työn taustaa ja tavoitteet

Opinnäytetyön aiheen Maanpäällisen kiintopisteverkon yhtenäistäminen Pahtavaaran kaivoksella saimme Tuomas Viitasen kautta, joka toimii kaivoksella mittausinsinöörinä. Aiheemme on käytännössä jatkoa hänen omalle opinnäytetyölleen, jossa hän teki tarkastusmittauksia maanalaisiin kiintopisteisiin. Meidän työmme taas keskittyy maanpäällisiin kiintopisteisiin sekä maanpäällisen ja maanalaisen kiintopisteverkon yhdistämiseen.

Pahtavaaran kaivosalueen kiintopisteissä oli havaittu suuriakin jopa useiden metrien virheitä, minkä vuoksi pisteverkko ei ollut luotettava. Kiintopisteiden tarkkuuksissa eroja on niin sisäisesti kuin valtakunnallisestikin. Mikäli niitä vertailtaisiin nykyisiin koordinaattijärjestelmiin, olisivat erot suuria. Tämä on ilmennyt keväällä 2012, kun kaivosyhtiölle otettiin käyttöön uusi GNSS-järjestelmä. (Viitanen 2013.)

Kaivosalueella tehdään mittauksia tunnelin lisäksi louhoksissa, patoaltaalla sekä ympäröivässä maastossa. Mittausten luotettavuuden ja tarkkuuden kannalta on siis erittäin tärkeää, että kiintopisteverkko on kunnossa. Tämän

vuoksi täytyy silloin tällöin suorittaa tarkastusmittauksia sekä täydentää jo olemassa olevaa kiintopisteverkkoa. Kiintopisteverkon täydentäminen on joskus jopa välttämättömyys, sillä kaivosalueella liikkuvat koneet saattavat tuhoata vanhoja pisteitä.

Yksi työmme tavoitteista oli, että jatkossa Pahtavaaran koko kaivosalueella riittäisi yksi sidos GPS- laitteelle. Aikaisemmin sitominen yhteen kiintopisteeseen ei riittänyt toimivan koordinaattimuunnoksen saavuttamiseksi, vaan GPS täytyi sitoa kahteen kiintopisteeseen. Yhteen pisteeseen sidottaessa virhe oli pahimmillaan monta metriä. (Viitanen 2013.)

Kiintopisteverkon tarkastusmittausten lisäksi tavoitteenamme oli yhtenäistää maanpäällinen ja maanalainen kiintopisteverkosto. Tämä on tärkeää siksi että maanpäälliset ja maanalaiset mittaukset olisivat yhdenmukaisia. Käytännössä mikäli tunnelin ja maan välille esimerkiksi kairattaisiin reikä, niin reikä tulisi juuri sinne, minne se on suunniteltu. Sama pätee myös maan ja tunnelin välisten pelastusnousujen tekoon, joiden tekeminen maksaa huomattavia summia.

1.3 Kiintopisteet

Kiintopisteet eli runkopisteet ovat koordinaateiltaan tunnettuja pisteitä, joita käytetään useimpien sijaintimittausten lähtöpisteinä tai liitospisteinä. Kiintopisteet määrittävät mittauspaikan koordinaatiston ja korkeusjärjestelmän. Kiintopisteet pyritään rakentamaan mahdollisimman liikkumattomaan kohteeseen kuten esimerkiksi kallioon. (Laurila 2008, 8.)

Kiintopisteet kaivosalueella ovat pääasiassa kallioon tai kanton porattuun reikään lyötyjä putkia ja pultteja. Uudempien ja vanhempien pisteiden välillä oli pieniä eroja, mutta mittauskohta oli kuitenkin kaikissa selkeä.

1.4 Tarkkuusvaatimukset

Pahtavaaran kaivoksella ei ole mitään virallisia kiintopisteverkon tarkkuusvaatimuksia koskevia asiakirjoja. Tarkkuusvaatimusten puuttuessa kiintopisteverkon tarkkuusvaatimusten asettaminen jää kulloisenkin mittausinsinöörin päätettäväksi. Nykyään keskinäinen tarkkuus pisteillä tulisi olla 10 senttimetriä ja huonoimmillaan 30 senttimetriä. Uusien kiintopisteiden rakentamisessa ja mittaamisessa pyritään kaavoitusmittausohjeiden 1, 2, ja 3 mittausluokkien tasotarkkuuden osalta. Pääsääntöisesti tavoitteena on mitata kiintopisteet ensimmäisen luokan tarkkuudella. Tarkkuuden heitto mittauksissa saa olla korkeintaan 50 ppm (miljoonasosaa mitatusta matkasta), joten esimerkiksi 300m matkalla virhe mitattaessa saa olla korkeintaan 15 mm. (Kaavoitusmittausohjeet 2003, 10.)

1.5 Koordinaattijärjestelmä

Yleensä niin avolouhoksilla kuin maanalaisilla kaivoksillakin on erilliskoordinaatistot. Erilliskoordinaatistolla tarkoitetaan koordinaattijärjestelmää, joka on käytössä vain rajatulla alueella. Yleensä kaivoksilla on koordinaatisto jossa Y-suunta on laitettu malmiesiintymän pituussuunnan mukaiseksi ja X-suunta on kohtisuorassa Y-suuntaan nähden. Koordinaatiston arvot on määrätty niin, ettei negatiivisiin arvoihin ole tarvetta mennä. Myös Z-suunnassa pätee sama periaate. Nollataso asetetaan niin korkealle, ettei sen yläpuolelle mennä. Täten Z-suunnan arvot kasvavat alaspäin mennessä. Toinen menetelmä Z-suunnan määrittämisessä on valtakunnan koordinaatiston mukainen, missä nollakohta on merenpinnan tasolla. (Härmälä, Wikman 2011, 348.)

Pahtavaarassa on käytössä oma KKJ-järjestelmään perustuva erilliskoordinaatisto. Koordinaateista on jätetty selkeyden vuoksi kolme ensimmäistä lukemaa pois, koska ne eivät ole oleellisia rajallisella alueella mitattaessa. Tasokoordinaatistossa 750YYYY,YYY 347XXXX,XXX kattaa koko mittaus- töissä tarvittavan alueen. Käytössä oleva korkeusjärjestelmä on N60. Esimerkiksi pisteen KIVI1 koordinaatit ovat P5093,14 I5163,513 Korkeus 252,779. (Viitanen 2013.)

Kaivosalueella olevan koordinaattijärjestelmän on aikanaan tuonut alueelle Sodankylän mittauspalvelu AY:n mittausteknikko Seppo Jokiniemi. Pahtavaaran alueelle rakennettiin tuolloin kuusi kiintopistettä. Korkeus on siirretty edestakaisena vaaituksena Rajalan maantien varrella olevasta korkeuskiintopisteestä nro 836215, jonka järjestelmä on N60. Edellä mainittujen kuuden kiintopisteen avulla mittaukset kaivosalueella ovat alkaneet. (Viitanen 2013, 5.)

1.6 Kalusto

Kaivoksella työskennellessä kaikki käytössämme oleva kalusto tarjottiin kaivokselta. Käytössämme oli Leican takymetri mallia TCRP 1205+, joka oli hiljattain kalibroitu kaivoksen mittaushenkilökunnan toimesta. Takymetrimittauksissa käytimme pääasiassa Leica GMP 101-miniprismoja ja lisäksi Leica GPR 111-pyöröprismoja. Prismoja pidettiin pääasiassa kartoitussauvassa ja pariin otteeseen pystytettiin apupiste kolmijalkojen ja tasausalustan päälle. Aina kun prismaa käytettiin kartoitussauvan kanssa, sauvaa asetettiin tukemaan asianmukaiset tukijalat eli statiivi ("kylmäkeijo") joilla sai sauvasta pihiotteen.

Laadunvarmistuksessa käytössämme oli Leican GS15 GPS ja CS15-maastotallennin. Tukiaseman laitteistona oli GS10-vastaanotin, AS10-antenni sekä Satellite 3ASd Epic-radiolähetin. Tuotetietojen mukaan Leica lupaa GS15 vastaanottimelle tarkkuudeksi 0,01 metriä (Geo-matching.com 2013). Lisäksi autossa kulki mukana koko ajan tarvittava välineistö mittausrakenteiden raivaamiseen ja pisteiden rakentamiseen, muun muassa moottorisaha, vesuri, kivipora, vasara ja metalliputkia.



Kuvio 2. Kalustoa: Takymetri, kolmijalat, prisma jne.



Kuvio 3. Kalustoa: GPS-laittesto ja tukiasema.

1.7 Runkomittaukset yleisesti

Runkomittausten tehtävä on luoda geometrinen perusta maan kartoitukseen. Runkomittauksissa on tavoitteena luoda pysyvä sekä riittävän tarkka ja tiheä kiintopisteistö, johon kiinnitetään halutun koordinaatijärjestelmän mukainen koordinaatisto. Runkomittauksissa määritetään koordinaatit useille pisteille samassa mittauksessa ja pisteistä pyritään tekemään pitkäikäisiä. Pisteiden paikanvalinnassa täytyy ottaa huomioon että piste on käyttökelpoinen pitkän aikaa. (Laurila 2012, 329; Vermeer 2013, 127-129.)

Runkomittausten tekemisessä voidaan käyttää useita menetelmiä. Perinteinen menetelmä on kolmiomittaus. Vaativimmat tasorunkomittaukset suoritettiin pitkään kolmiomittauksella. Tässä menetelmässä käytettiin pääasiassa kulmahavaintoja, koska etäisyydenmittaus pitkillä matkoilla ei ollut mahdollista ennen tekniikan kehittymistä. Nykyään kuitenkin käytössä ovat takymetrit ja satelliittipaikannus, jotka mahdollistavat pitkienkin matkojen mittaamisen. Valtakunnallisissa runkomittauksissa kolmiomittauksista on luovuttu 1990-luvun alussa GPS-mittauksen yleistyessä. Kolmiomittauksista kuitenkin edelleen käytetään erittäin vaativien rakennuskohteiden runkomittauksissa, koska kolmiomittaus on erittäin tehokas mittausmenetelmä virheiden hallinnan näkökulmasta. (Laurila 2012, 329.)

Staattista GPS-mittauksista voidaan tavallaan kutsua nykypäivän kolmiomittaukseksi. Staattinen mittauksen verkon rakenne muistuttaa rakenteeltaan perinteisen runkomittausten verkkoa. Staattisessa GPS-mittauksessa mitataan kolmioverkon sivujen pituuksia joita kutsutaan vektoreiksi. (Laurila 2012, 329, 358.)

Runkomittauksissa on hyvä olla ylimääräisiä mittauksia, eli voidaan tehdä yksittäisiä kiintopisteitä, vaikka mittauksen tarkoituksenmukainen minimimäärä olisikin saavutettu. Ylimääräiset kiintopisteet tekevät verkosta luotettavamman, koska mahdolliset karkeat virheet huomataan paremmalla todennäköisyydellä. Ylimääräisiä kiintopisteitä voidaan mitata esimerkiksi vapaan asemapisteen menetelmällä. Myös ilmakuviavien avulla voidaan tehdä runkomittauksia. Koska jokaisella runkomittaustavalla on omat vahvuutensa, mitta-

ustavan valinta perustuu aina kuhunkin käyttötarkoitukseen ja pisteiden näkyvyysolosuhteisiin. (Laurila 2008, 271; Vermeer 2013, 127-129.)

1.8 RTK-mittaus yleisesti

RTK-mittaus on satelliittimittauksissa käytettävä perusmenetelmä. Lyhenne RTK tulee sanoista Real Time Kinematic, eli suomeksi reaaliaikainen kinemaattinen mittaus. RTK-mittauksissa mittaajan mukana kulkevan GPS-vastaanottimen lisäksi käytössä on tunnetulla pisteellä oleva vertailuvastaanotin, jota kutsutaan tukiasemaksi. Tämä vastaanotin mittaa vaihehavainnot ja lähettää ne paikantavalle vastaanottimelle joko radiomodeemin tai GSM-puhelimen välityksellä. Paikantava vastaanotin laskee sijaintinsa tukiaseman suhteen prosessoimalla tukiaseman lähettämät vaihehavainnot ja omat vaihehavainnot satelliiteista. Kun satelliitteja on seurattu riittävän pitkään, vastaanotin pystyy laskemaan tarkan sijainnin ja mittaus on täten alustettu. Kun mittaus on alustettu, voidaan pisteelle antaa tarkka sijainti. Nykytekniikalla mittaus saadaan alustettua alle minuutin havainnoilla. Jotta tällä menetelmällä voidaan suorittaa mittauksia, tulee tukiasemalla ja liikkuvalla vastaanottimella olla seurannassa yhteensä vähintään viisi yhteistä satelliittia. Riittävän luotettavaan tulokseen päästään kuitenkin vasta, kun käytössä on 6-7 yhteistä satelliittia. Käytännön kokemukset ovat osoittaneet, että suurin välimatka tukiasemalla ja paikantavalla vastaanottimella RTK-mittauksessa on enintään 10 kilometriä. Tarkkuutensa puolesta RTK-mittaus sopii hyvin esimerkiksi kartoitus- ja maastomallimittauksiin, ja RTK-mittausta käytetään yleisesti myös merkintämittauksiin. (Laurila 2012, 304, 319.)

1.9 Virheet yleisesti

Virheellä tarkoitetaan suureen havaitun arvon ja oikean arvon erotusta. Oikea arvo on enemmänkin teoreettinen käsite koska oikeaa arvoa ei normaalisti tunneta. Virheiden hallinnan kannalta katsottuna virheet luokitellaan kolmeen eri luokkaan. On olemassa systemaattisia, karkeita sekä satunnaisia virheitä. (Vermeer 2013, 23.)

Systemaattiset virheet ovat jossakin funktionaalisessa yhteydessä mittaushavaintoihin tai vaikutussuureisiin. Jos esimerkiksi kaikissa havainnoissa ilmenee virhe samansuuruisena, on kyseessä systemaattinen virhe. Systemaattisia virheitä voidaan poistaa esimerkiksi kojeiden kalibroinnilla sekä havaintoihin tehtävien korjausten avulla. (Laurila 2012, 35; Vermeer 2013, 23.)

Karkeat virheet johtuvat viallisista kojeista, poikkeavista olosuhteista tai jonkinlaisista erehdyksistä. Karkeille virheille on löydettävissä aina jokin syy mutta virheen vaikutus näkyy vain yksittäisissä havainnoissa. Karkeat virheet pyritään mittausten aikana tai viimeistään mittausten laskennassa. Havainnot joita epäillään virheellisiksi, voidaan uusida tai hylätä. (Laurila 2012, 35; Vermeer 2013, 23.)

Satunnaiset virheet ovat täsmällisesti ennustamattomia virheitä. Ne ilmenevät mittausta toistettaessa havaintojen vaihteluina vaikka mittausajankohta tai -olosuhteet pysyisivät samana. Mittauksissa on tietoinen pyrkimys päästä tilanteeseen jossa havainnoissa on vain satunnaisia virheitä. (Laurila 2012, 35; Vermeer 2013, 23.)

2 TYÖN VAIHEET

2.1 Suoritusajankohta

Aiheen opinnäytetyöhön saimme Pahtavaaran kaivokselta joulukuussa 2012. Emme kuitenkaan päässeet tekemään työhön liittyviä mittauksia vielä silloin, koska lumet olivat jo maassa ja kaivosyhtiö halusi, että mittaukset tehtäisiin keväällä/kesällä 2013. Lopulta ajankohdaksi määräytyi toukokuun toinen viikko. Silloin lumet olivat jo suurimmaksi osaksi sulaneet ja kaivoksella oli rauhallinen vaihe, joten pystyimme suorittamaan mittaukset ilman suurempia häiriöitä. Mittauksille oli siis varattu viikko aikaa, mutta suoriuduimme hieman etuajassa ja näin ollen työn suoritusajankohdaksi muodostui 6.5 – 9.5.2013.

2.2 Mittausten suunnittelu ja valmistelu

Kaivosyhtiö ei vaatinut erillistä mittaussuunnitelmaa ennen työn aloittamista. Tämän vuoksi emme dokumentoineet mittaussuunnitelmia sen kummemmin. Käytännössä suunnittelumme tapahtui niin, että tutkimme kaivosyhtiön tietokoneen surpac-ohjelmistolla kaivosalueen kiintopisteitä ja niiden sijainteja, sekä tulostimme alueesta kartan, johon hahmottelimme mittaussuunnitelmaamme. Kartassa näkyi kaivosalueen kiintopisteet ja hahmottelimme, miten etenisimme mittauksissa. Merkkasimme karttaan myös paikkoja mahdollisille uusille kiintopisteille.

Suunnittelumme keskittyi suurimmalta osin ensimmäisen asemointipaikan löytämisen ympärille. Suunnitelmana oli siis löytää paikka, josta näkisi mahdollisimman hyvin usealle eri kiintopisteelle ja johon takymetrin saisi asemointua mahdollisimman tarkasti. Ajatuksena oli kokeilla asemointia useille eri kiintopisteille ja löytää hyvät kiintopisteet asemointia varten. Tämän jälkeen tarkoitus oli lähteä jatkamaan mittausta vapaanasemapisteen menetelmää käyttäen ja orientoimalla takymetrin vähintään kolmeen eri kiintopisteeseen, jotka asettuisivat mieluiten eri puolille takymetriä eivätkä liian lähellä toisiinsa.

Ennen varsinaisten mittausten aloittamista kävimme maastossa tekemässä valmisteluja. Kävimme toteamassa karttaan suunnittelemiemme kiintopistei-

den paikat sopiviksi, jonka jälkeen valitsimme kyseiseltä alueelta puun johon oli hyvä näköyhteys monesta suunnasta. Todettuamme näköyhteyden hyväksi kaadoimme puun ja teimme sen kanton uuden kiintopisteen pultista. Teimme myös pari uutta kiintopistettä tunnelin aukon lähelle, joka sijaitsee louhoksen pohjalla. Kyseiset pisteet mitattiin jatkona tunnelin kiintopisteille. Tältä pohjalta lähdimme suorittamaan itse mittauksia.

2.3 Mittausmenetelmä

Mittausmenetelmänämme käytimme vapaan asemapisteen menetelmää. Vaihtoehtoisena mittausmenetelmänä olisi voinut olla myös jonomittausmenetelmä. Pahtavaaran kaivosalueen vanhat mittaukset oli tehty jonomittauksena avolouhoksen ja patoaltaan välisen tien osalta (Viitanen 2013). Kyseinen tieosuus kuului myös meidän mittaussuunnitelmaamme, joten vertailimme mittausmenetelmiä sen osalta.

Jonomittaus on perinteinen mittausmenetelmä. Siinä kuljetetaan koordinaatteja pisteeltä toiselle säteittäisen mittauksen periaatteella. Mittaushavaintoina toimivat tähtäyssuunnat ja sivujen pituudet. Mittausten lähtöpisteenä käytetään tunnettua pistettä ja lähtösuuntapisteenä käytetään toista tunnettua pistettä. Mittausta viedään eteenpäin uusien pisteiden kautta kunnes tullaan taas tunnetulle pisteelle. Päätepiste on nimeltään sulkupiste. Sulkupisteellä verrataan mitattuja ja tunnettuja koordinaatteja keskenään. Niissä ilmenevät erot ovat sulkuvirheitä joista voidaan arvioida mittausten tarkkuutta. Jonomittauksessa koordinaatteja kuljetetaan eteenpäin pisteeltä toiselle, jolloin yksittäisten mittausten virheet kasautuvat. Tällöin viimeisen pistevälin tarkkuutta rasittavat kaikki aiemmin kasautuneet virheet. (Laurila 2012, 349, 353.)

Käytimme mittauksissa siis vapaan asemapisteen menetelmää. Käytännössä se tarkoittaa sitä, että takymetri pystytetään paikkaan, jonka koordinaatteja eli sijaintia ei tiedetä. Tämän jälkeen määritetään asemapisteen koordinaatit ja korkeus tähtäämällä liitospisteisiin, jonka jälkeen koje laskee asemapisteen koordinaatit ja orientoi vaakakehänsä koordinaatiston pohjoissuunnan suhteen. Sitten vasta suoritetaan itse mittaustyö. Vapaan asemapisteen mittausmenetelmä on yleinen kartoitusmittauksissa sekä merkintämittauksissa,

koska asemapisteen paikan voi itse valita mittausten kannalta hyödyllisimpään paikkaan (Laurila 2012, 260.)

Jonomittauksen etuna vapaan asemapisteen menetelmään nähden olisi ollut se, että uusia kiintopisteitä ei olisi välttämättä tarvinnut tehdä juurikaan. Kaivosalueella on kuitenkin hyvä olla paljon kiintopisteitä tuleviakin mittauksia varten, joten uusia pisteitä oli siinäkin mielessä hyvä tehdä. Vapaan asemapisteen menetelmässä hyötynä on tietenkin asemointipaikan valinnanvapaus. Se on myös yleisin mittausmenetelmä, mitä kaivoksen mittaushenkilökunta on nykyään käyttänyt.

Takymetrin orientointiin vapaalle asemapisteelle käytimme kolmea liitospistettä, joihin otettiin sekä suunnat että etäisyydet. Tavoitteena oli käyttää pisteitä, jotka olivat eri puolilla takymetriä, jotta saataisiin mittauksissa syntyvät virheet minimoitua. Otettaessa havainnot prismoihin käytettiin sekä orientoitaessa, että mitattaessa takymetrin ominaisuutta, jossa koje ottaa havainnot kummassakin kojeasennossa, joista molemmissa otettiin 10 havaintoa. Tämä minimoi takymetristä itsestään mahdollisesti johtuvia virheitä kuten akseli- ja epäkeskisyydevirheitä. Kun havaintoja otetaan kummassakin kojeasennossa, sanotaan, että tehdään sarjahavainnoja. Sarjahavainnoilla on tarkoituksena parantaa lopputulosten tarkkuutta. Tämä perustuu useisiin havaintoihin ja kojeen rakenteellisten virheiden vaikutusten eliminointiin. (Laurila 2012, 340.)

2.4 Mittaus

Mittauksia ennen oli selvitetty kiintopisteverkosta mahdollisimman vakaana pysyneet pisteet. Näitä pisteitä hyväksikäyttäen aloitimme kaivosalueen kiintopisteiden uudelleenmittaukset. Vakaimpana pysyneet pisteet olivat parhaiten mitattavissa louhoksen reunalta, josta mittaukset lähtivät liikkeelle. Kiintopisteverkon mittaukset suoritettiin vapaan asemapisteen menetelmällä ja jokaisen asemapisteen paikka valikoitui siten, että pystyimme orientoimaan takymetrin vähintään kolmeen pisteeseen ja sulkemaan mittauksen johonkin jo mitattuun pisteeseen.

Mitattaessa käytössämme oli radiopuhelimet, jotka helpottivat paljon kommunikointia kovassa tuulessa ja välimatkojen takia. Prismamies asetti prisma-sauvan pisteelle ja tuki sauvan statiivin avulla lisäksi itse tarpeen vaatiessa pitäen sauvasta kiinni. Statiivi on kätevä väline prismasauvan apuna, koska sillä tuettuna saadaan poistettua sauvan pitäjistä johtuva mahdollinen pieni huojuminen. Tuulisella ilmalla kuitenkin normaali pyöröprisman pinta-ala otti tuuleen kiinni sen verran, että prisma pysyi parhaiten paikoillaan, kun myös prismamies oli tukemassa sauvaa. Kun prismasauva pysyi vakaasti pisteellä, annettiin viesti radiopuhelimella, että piste on valmis mitattavaksi. Tämän jälkeen piste mitattiin ottamalla kymmenen havaintoa molemmissa kojeasenoissa.

Mittausmatkat vaihtelivat paikasta riippuen muutamasta metristä noin 800 metriin saakka. Jo lyhyelläkin matkalla saattoi tulla häiritseviä näköesteitä, jotka hieman hidastivat mittauksia. Nämä näköesteet johtuivat lähes kokonaan puustosta jota ei oltu suunnitteluvaiheessa riittävästi huomioitu, sekä tuulen aiheuttamasta puiden huojumisesta paikoin kapeilla mittauslinjoilla. Näköesteiden raivauksesta selvittiin lähinnä katkomalla edessä olevat oksat ja pienemmät puut vesurilla, mutta moottorisahan käytöltäkään ei isompien puiden osalta välttytty. Esimerkkinä erään useamman sadan metrin päässä olevan pisteen näkyvyyttä esti suurehkon kuusen latva, jota tuuli toistuvasti huojutti eteen.

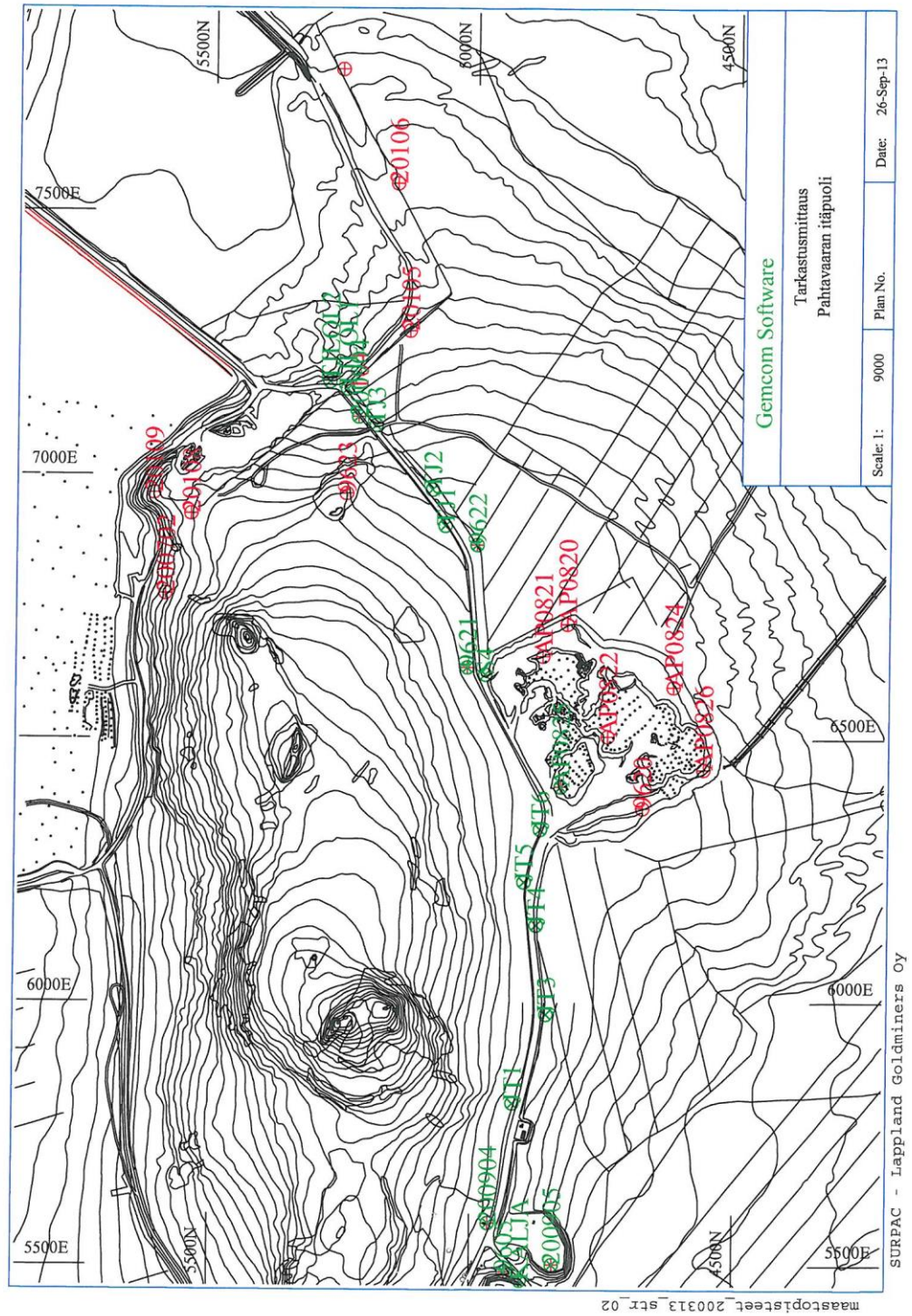
Mittaukset suoritettiin kolmen päivän aikana 7-9.5.2013 kymmeneltä asemapisteltä. Ensimmäinen asemapistepiste sijoitettiin louhoksen itäreunalle, jolta oli hyvä näkyvyys monella suunnalla oleviin pisteisiin. Tältä pisteeltä saimme mitattua louhoksen pohjalta lähtevän tunnelin suuaukon pisteet, jotka saatiin yhdistettyä maanpäällisten pisteiden kanssa. Kyseiseltä pisteeltä mittasimme myös kiinni pysyväksi rakennetun tukiaseman paikan. Pystyimme ensimmäisen asemapisteen jälkeen siirtymään suoraan louhosten länsipuolelle, jossa seuraavat kaksi asemapistettä sijaitsivat louhoksen reunan lähellä menevällä tiellä sekä kauempana lännessä olevalla suolla. Neljännellä asemapisteeellä palasimme ensimmäisen asemapisteen tuntumaan ja lähdimme jatkamaan itään kohti rikastehiekka-allasta. Loput seitsemän asemapistettä olivat kaikki altaalle vievän tien varressa. Tietä ympäröivän metsän takia näkyvyys rajoit-

tui käytännössä pelkkään tiealueeseen. Kiintopisteet olivat suurimmaksi osaksi aivan tien tuntumassa metsän reunassa. Edetessämme jouduimme turvautumaan paikoin apupisteisiin, jotka asetimme näkyvälle paikalle kolmi-jalkojen päälle. Lisäksi tihensimme kiintopisteverkostoa rakentamalla ja mit-taamalla koordinaatistoon uusia kiintopisteitä helpottaaksemme omia sekä kaivosalueen tulevia mittaustöitä.

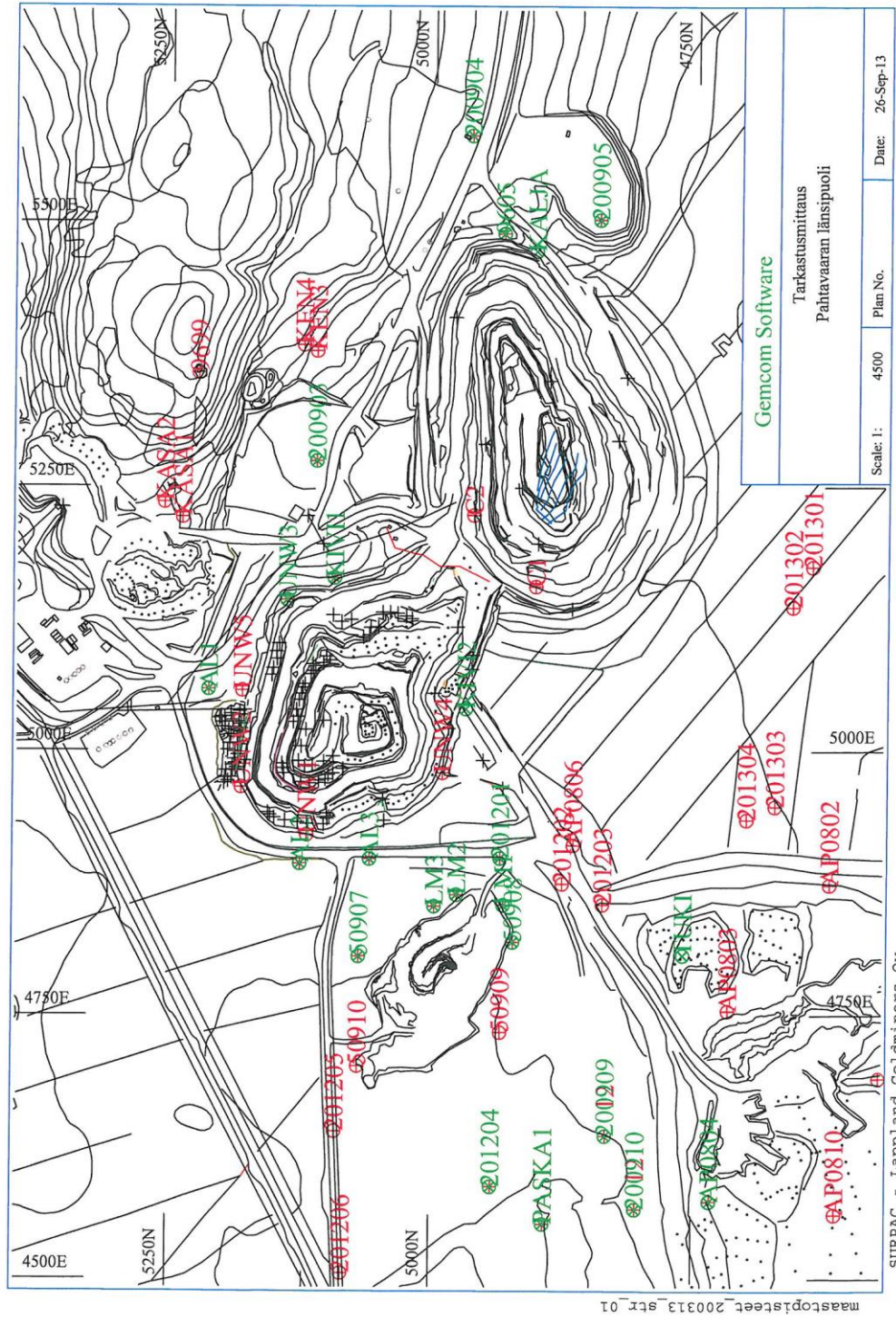
2.5 Laadunvarmistus

Laadunvarmistuksessa menetelmänämme oli siis RTK-mittaus. Ennen laa-dunvarmistusmittausten aloittamista satelliittipaikantimelle täytyi määrittää uusi koordinaattijärjestelmä. Koordinaattijärjestelmän määrittämisessä GPS "pakotetaan" laskemaan sijaintinsa paikallisen koordinaatiston mukaan. Tä-mä tapahtui siten, että käytimme neljää pistettä, jotka oli kiintopisteverkon yhtenäistämisen mitattu aikaisessa vaiheessa. Näitä pisteitä käytimme sen takia, että aikaisessa vaiheessa mitatuissa pisteissä mahdolliset virheet eivät ole ehtineet vielä kertyä. Jokaisella koordinaattijärjestelmään käytetyllä pis-teellä otimme kolmekymmentä havaintoa, jonka jälkeen GPS pystyy sito-maan itsensä paikalliseen koordinaattijärjestelmään.

Kaikkia pisteitä emme kuitenkaan mitanneet. Laaduntarkastukseen valitsim-me pisteet sillä perusteella, että jokaiselta asemapisteeltä mittattuja kiintopis-teitä tulisi tarkistettua. Laadunvarmistus painottui mittausten viimeisiltä ase-mapisteiltä mitatuille kiintopisteille, koska oli odotettavissa, että tietä pitkin mitatessa virheitä todennäköisemmin olisi kertynyt kauimpana oleville kohteil-le.



Kuvio 4. Karttakuva kaivosalueen itäpuolesta. Uudet/udelleen mitatut pisteet vihreällä



Kuvio 5. Karttakuva kaivosalueen länsipuolesta. Uudet/uudelleen mitatut pisteet vihreällä.

3 TULOKSET

3.1 Mittaustulokset

Vertaillessa kiintopisteistön vanhoja koordinaatteja uusiin, kiintopisteverkon yhtenäistämisen jälkeisiin koordinaatteihin huomataan, että pisteiden tarkkuudet vaihtelevat alueellisesti. Seassa on myös alueesta riippumattomia yksittäisiä pisteitä, joissa tarkkuus on ollut selkeästi muita huonompi. Keskimäärin erot olivat pienemmät kaivoksen länsipuolella, jossa mittaamamme pisteet sijoittuivat pääasiassa louhoksen reunan lähellä olevan tien reunalle sekä tien toisella puolella olevalle suoalueelle. Parempi tarkkuus tällä alueella johtunee siitä, että pisteitä rakennettaessa on ollut helpompaa hajottaa pisteverkkoa.

Itäpuolella louhosta suurin osa pisteistä sijoittui rikastehiekka-altaalle menevän tien varteen. Mitä pitemmälle tietä edettiin, sitä suurempi oli uusien ja vanhojen koordinaattien ero pisteillä. Tämä johtuu luultavasti siitä että pisteverkoston muoto jonomainen. Tietä pitkin mitattaessa tarkan tuloksen saavuttaminen on vaikeaa, koska tähyksiä ei pysty asettamaan optimaalisesti orientoinnin vaatimalla tavalla. Koska orientointiin käytettävät pisteet ovat pelkästään etu- ja takapuolella kojetta eivätkä tarpeeksi sivuilla, on mahdollista, että orientoinnista tulee tarkkuudeltaan heikompi. Kun toistuvasti orientoidaan tällaisista paikoista, virheet kasaantuvat mitä pitemmälle tietä mittaukset etenevät (Laurila 2012, 354.)

3.2 Laadunvarmistuksen tulokset

Laadunvarmistuksessa vertailimme keskenään kiintopisteverkoston yhtenäistämisen jälkeisiä koordinaatteja, sekä RTK-mittauksessa mittaamiamme kiintopisteiden koordinaatteja. Vertailussa huomasimme, että myös meidän omissa takymetrimittauksissamme on tullut liikaa virhettä. Pisteiden tarkkuus vaihteli alueellisesti samankaltaisesti kuin kiintopisteverkoston yhtenäistämisen jälkeisessä koordinaattien vertailussa. Länsipuolella louhosta erot eivät olleet niin suuria, mutta mukaan mahtui silti kiintopisteitä, joilla oli hieman heikompi tarkkuus. Itäpuolella louhosta,

rikastehiekka-altaalle vievän tien varressa olevat pisteet jotka sijaitsivat lähempänä louhosta olivat tarkempia, mutta mitä pidemmälle tietä edettiin, sitä enemmän pisteiden tarkkuuksissa oli heittoa.

3.4 Virhearviointi

Mittauksista tulleet virheet olivat kaikki todennäköisesti karkeita virheitä. Suurimpana mittauksiin negatiivisesti vaikuttavana tekijänä oli kova puuskittainen tuuli, joka häiritsi mittauksia lähes koko työn ajan. Varsinkin aukeilla alueilla, kuten louhoksen ympäristössä ja sen länsipuolella tuulen osuus mittauksen tarkkuudessa on ollut suuri. Tuuli teki hankalaksi prismasauvan paikoillaan pitämisen siksi aikaa, että takymetrillä saatiin mitattua kaikki havainnot. Yksi asemapiste sijaitsi suoalueella, jossa alusta oli huomattavasti pehmeämpi verrattuna muihin paikkoihin. Tältä pisteeltä mitatuissa kohteissa huomattiin jo senttimetriluokan virheitä. Normaalilla pehmeämmällä alustalla takymetri on voinut olla alttiimpi pienille heilahduksille, jotka voivat johtua ympärillä liikkumisesta tai jopa tuulesta.

Kahdella kohteella virhe voi johtua pisteillä olevasta putkesta, johon GPS:n sauva ei asettunut kunnolla. Tarkastusmittauksen tuloksia louhoksen itäpuolen tieosuudelta tutkiessamme huomasimme, että meille on käynyt todennäköisesti samalla tavalla kuin alueen aiemmissa mittauksissa. Mitä kauemmas ensimmäiseltä asemapisteeltä edettiin, sitä suuremmiksi virheet kasvoivat. Tämä johtuu siitä, että mitattaessa kapealla kaistaleella pisteverkosta tulee jonomainen. Tällaista jonomaista pisteverkkoa mitattaessa virheet ovat kasautuneet sitä mukaa, mitä pidemmälle kiintopisteitä on mitattu. Tiepätkällä mitattaessa suurin yksittäinen tekijä virheen kasvamiseen oli heitto apupisteen kolmijalkojen tasauksessa. Tämän aiheutti teloilla kulkeva raskas ajoneuvo, joka ajoi läheltä kolmijalkoja.

4 YHTEENVETO

4.1 Vaihtoehtoinen mittaustapa

Vaihtoehtoisesti kiintopisteverkon yhtenäistämisen olisi voinut tehdä siten, että suurin osa mittauksista tehdään GPS-mittauksina. Mittausten alkuvaihe olisi sama kuin työssä käyttämämme menetelmä. Ensin tuodaan koordinaatisto louhoksesta ja tehdään pari kiintopistettä louhoksen pohjalle tunnelin aukon lähelle. Tämän jälkeen asemoidaan takymetri vapaan asemapisteen periaatteella louhoksen reunalle, josta voimme mitata uudet koordinaatit näkyville pisteille. Tarpeen vaatiessa voisi tehdä myös uusia pisteitä alueelle tässä vaiheessa. Tämän jälkeen siirtyisimme suoraan käyttämään menetelmää jota käytimme laadunvarmistuksessa. Mittaukset suoritettaisiin tästä lähin pelkästään satelliittipaikantimella RTK-mittauksina. Takymetrillä mitattavia uusia tai koordinaateiltaan päivitettyjä pisteitä käytettäisiin uuden koordinaattijärjestelmän määrittämiseen GPS:lle. Tämän jälkeen jokainen piste käytäisiin mitaamassa GPS:llä. Hyvän tarkkuuden takaamiseksi jokaisella pisteellä täytyy ottaa huomioon että satelliittigeometria on mittaukselle edullinen. Tämä tarkoittaa sitä että satelliittien lukumäärä taivaalla on riittävä ja niiden sijainti hyvä. (Laurila 2012, 305-306.)

Tämän menetelmän etuna olisi se, että louhoksen itäpuolella menevällä tiepätkällä sattunutta virheiden kasautumisen kaltaista ongelmaa ei pääsisi syntymään, vaan pisteiden tarkkuus pysyttelisi samassa alueesta riippumatta. Haittapuolena voisivat olla sellaiset mittaustilat, joissa on jotain satelliitin lähettämän signaalin kulkua estäviä tekijöitä, kuten esimerkiksi puustoa. Tällaisilla paikoilla joutuisi odottamaan, että satelliitit olisivat otollisessa asemassa, ja että niitä olisi riittävästi mittauksen suorittamiseen.

4.2 Johtopäätökset

Mittaustyömme kaivosalueella onnistui suhteellisen hyvin. Tuloksena oli, että saimme maanalaisen ja maanpäällisen kiintopisteverkon yhdistettyä ja kaivoksen louhosalueelle saatiin luotettavampi kiintopisteverkosto. Louhokselta rikastealtaalle johtavan tien osalta emme päässeet haluamaamme tarkkuuteen. Kyseinen tieosuus ei kuitenkaan ole kaivosalueen mittauksissa oleellisessa osassa (Viitanen 2013).

Virheiltä on vaikea täysin välttyä, mutta niitä voi kuitenkin minimoida eri keinoin. Mittaustöissä olisikin syytä kiinnittää riittävästi huomiota mittausolosuhteisiin ja niiden vaikutuksiin. Jos mahdollista on mittaukset suoritettava sellaisena ajankohtana, että kaikki mittauksiin negatiivisesti vaikuttavat tekijät olisivat minimissään. Esimerkiksi sääolosuhteiden tulisi olla otolliset ja liikenne mittauskohteissa mahdollisimman vähäistä. Mittaustyöhön olisi myös hyvä varata reilusti aikaa, sillä yllättävät olosuhteet ja ennalta arvaamattomat tekijät voivat viivästyttää aikataulua.

5 LÄHTEET

Geo-matching internet sivut 2013. Osoitteessa:

<http://www.geo-matching.com/products/id1539-viva-gs15.html>
23.10.2013

Härmälä, O. – Wikman, E. 2011. Kaivosmittaus. Teoksessa Kaivos- ja louhintatekniikka (toim. A. Hakapää ja P. Lappalainen), 347-355. Kaivannaisteollisuus ry ja Opetushallitus. 2. tarkistettu painos. Vammalan kirjapaino.

Lapland Goldminers Oy:n internetsivut 2013. Osoitteessa:

<http://www.laplandgoldminers.com/system/visa.asp?HID=1345&FID=1154&HSID=25476> 23.10.2013

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet, Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Maanmittauslaitos, Keskushallinto 2003. Kaavoitusmittausohjeet.

Vermeer, M. 2013. Johdanto geodesiaan. Osoitteessa:

<http://users.tkk.fi/mvermeer/johd.pdf>. 23.10.2013

Viitanen, T. 2013. Haastattelu liittyen Pahtavaaran kiintopisteverkkoon.

Viitanen, T. 2013. Osoitteessa:

<https://publications.theseus.fi/handle/10024/58273>

6 LIITTEET

GPS-mittauksen tulokset

GPS	Pohjoinen	Itä	Korkeus	Piste
60	4933,899	5488,908	260,262	v9605
60	5012,578	6635,985	265,656	v9622
60	4995,881	6868,25	259,531	v9622
60	4933,257	4733,727	250,025	v50909
60	4934,034	4898,515	249,162	v201201
60	5090,315	4640,059	251,05	v201205
60	5083,711	4505,607	251,76	v201206
60	5212,177	5058,344	250,909	vAL1
60	4732,975	4573,765	272,602	vAP0804
60	4832,917	6409,797	271,946	vAP0825
60	4920,133	5809,102	262,065	vJT1
60	4899,699	5873,87	262,83	vJT2
60	4857,402	5978,015	261,19	vJT3
60	4877,604	6147,358	263,105	vJT4
60	4901,61	6229,024	264,48	vJT5
60	4871,549	6328,978	264,242	vJT6
60	4930,883	4854,221	249,2	vLM1
60	5279,106	7177,223	245,545	vTJLOL2

Takymetrimittauksen tulokset

Takymetri	Pohjoinen	Itä	Korkeus	Piste
60	4933,907	5488,904	260,267	9605
60	5012,691	6635,982	265,683	9621
60	4996,04	6868,265	259,55	9622
60	4933,23	4733,736	249,984	50909
60	4934,019	4898,511	249,156	201201
60	5090,292	4640,034	251,014	201205
60	5083,674	4505,582	251,721	201206
60	5212,166	5058,34	250,9	AL1
60	4733,001	4573,756	272,555	AP0804
60	4833,016	6409,829	271,967	AP0825
60	4920,143	5809,121	262,054	JT1
60	4899,705	5873,892	262,817	JT2
60	4857,4	5978,03	261,192	JT3
60	4877,654	6147,377	263,113	JT4
60	4901,675	6229,047	264,473	JT5
60	4871,614	6328,992	264,261	JT6
60	4930,877	4854,23	249,183	LM1
60	5279,437	7177,121	245,619	TJLOL2

Erot

Pohjoinne	Itä	Korkeus	Piste
-0,008	0,004	-0,005	v9605
-0,113	0,003	-0,027	v9622
-0,159	-0,015	-0,019	v9622
0,027	-0,009	0,041	v50909
0,015	0,004	0,006	v201201
0,023	0,025	0,036	v201205
0,037	0,025	0,039	v201206
0,011	0,004	0,009	vAL1
-0,026	0,009	0,047	vAP0804
-0,099	-0,032	-0,021	vAP0825
-0,01	-0,019	0,011	vJT1
-0,006	-0,022	0,013	vJT2
0,002	-0,015	-0,002	vJT3
-0,05	-0,019	-0,008	vJT4
-0,065	-0,023	0,007	vJT5
-0,065	-0,014	-0,019	vJT6
0,006	-0,009	0,017	vLM1
-0,331	0,102	-0,074	vTJLOL2

Mittaus 1.									
7.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4916,624	5480,103	256,788	AS1					
Mitatut pisteet						Sulkupiste			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.	As 2.	As 3
60	4903,185	5472,37	253,842	KALJA			ΔP		
60	4967,542	5039,717	249,593	KIVI2			ΔI		
60	4759,8	4807,003	264,642	TUKI			Δh		
60	4842,828	5502,357	261,07	200905					
60	5093,14	5163,513	252,779	KIVI1					
60	4965,091	5581,474	263,385	200904					
60	5110,699	5274,036	255,41	200903					
60	5124,478	4893,474	249,439	AL2					
60	5058,469	4897,906	250,604	AL3					
60	4975,292	4864,043	249,264	LM2					
60	4733,001	4573,756	272,555	AP0804					
60	4933,907	5488,904	260,267	9605					
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	4842,828	5502,357	261,07	200905	mitattu	Poikkeama	-0,016	-0,012	-0,016
60	4842,844	5502,369	261,086	200905	vanha				
60	5093,14	5163,513	252,779	KIVI1	mitattu		0,050	0,036	0
60	5093,09	5163,477	252,779	KIVI1	vanha				
60	4965,091	5581,474	263,385	200904	mitattu		-0,018	0,029	-0,004
60	4965,109	5581,445	263,389	200904	vanha				
60	5110,699	5274,036	255,41	200903	mitattu		0,024	0,042	0,007
60	5110,675	5273,994	255,403	200903	vanha				
60	5124,478	4893,474	249,439	AL2	mitattu		0,072	0,042	0,005
60	5124,406	4893,432	249,434	AL2	vanha				
60	5058,469	4897,906	250,604	AL3	mitattu		0,056	0,010	0,048
60	5058,413	4897,896	250,556	AL3	vanha				
60	4975,292	4864,043	249,264	LM2	mitattu		0,039	0,050	0,003
60	4975,253	4863,993	249,261	LM2	vanha				
60	4733,001	4573,756	272,555	AP0804	mitattu		0,307	-0,098	-0,104
60	4732,694	4573,854	272,659	AP0804	vanha				
60	4933,907	5488,904	260,267	9605	mitattu		0,007	-0,028	0,041
60	4933,9	5488,932	260,226	9605	vanha				

Mittaus 2.									
7.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4975,517	4906,691	251,52	AS3			KIVI1		
							KIVI2		
							LM2		
Mitatut pisteet						Sulkupiste KALJA			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4934,019	4898,511	249,156	201201			ΔP	15	mm
60	4930,877	4854,23	249,183	LM1			Δl	-2	mm
60	4921,478	4819,196	249,308	50908			Δh	-1	mm
60	4996,532	4853,072	249,412	LM3					
60	5068,213	4805,769	250,28	50907					
60	5058,447	4897,902	250,605	AL3					
60	5212,166	5058,34	250,9	AL1					
60	5137,887	5142,813	249,45	UNW3					
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	4934,019	4898,511	249,156	201201	mitattu	Poikkeama	0,036	0,049	-0,02
60	4933,983	4898,462	249,176	201201	vanha				
60	4930,877	4854,23	249,183	LM1	mitattu		0,056	0,022	0,02
60	4930,821	4854,208	249,163	LM1	vanha				
60	4921,478	4819,196	249,308	50908	mitattu		0,076	0,013	-0,052
60	4921,402	4819,183	249,36	50908	vanha				
60	4996,532	4853,072	249,412	LM3	mitattu		0,062	0,007	-0,036
60	4996,47	4853,065	249,448	LM3	vanha				
60	5068,213	4805,769	250,28	50907	mitattu		0,061	0,022	-0,038
60	5068,152	4805,747	250,318	50907	vanha				
60	5058,447	4897,902	250,605	AL3	mitattu		0,034	0,006	0,049
60	5058,413	4897,896	250,556	AL3	vanha				
60	5212,166	5058,34	250,9	AL1	mitattu		0,034	0,030	0,012
60	5212,132	5058,31	250,888	AL1	vanha				
60	5137,887	5142,813	249,45	UNW3	mitattu		0,03	0,023	0,035
60	5137,857	5142,79	249,415	UNW3	vanha				

Mittaus 3.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4978,223	4686,993	252,248	AS4		AL3			
						201201			
						LM1			
						50907			
Mitatut pisteet						Sulkupiste LM2			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4933,23	4733,736	249,984	50909		ΔP	-8	mm	
60	4941,401	4587,703	251,122	201204		Δl	-4	mm	
60	4956,226	4479,754	252,362	PASKA2		Δh	4	mm	
60	5083,674	4505,582	251,721	201206					
60	5090,292	4640,034	251,014	201205					
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	4933,23	4733,736	249,984	50909	mitattu	Poikkeama	0,08	0,003	-0,032
60	4933,15	4733,733	250,016	50909	vanha				
60	4941,401	4587,703	251,122	201204	mitattu		0,104	0,000	-0,012
60	4941,297	4587,703	251,134	201204	vanha				
60	4956,226	4479,754	252,362	PASKA2	mitattu		0,125	0,004	-0,015
60	4956,101	4479,75	252,377	PASKA2	vanha				
60	5083,674	4505,582	251,721	201206	mitattu		0,103	0,015	0,003
60	5083,571	4505,567	251,718	201206	vanha				
60	5090,292	4640,034	251,014	201205	mitattu		0,062	0,022	-0,022
60	5090,23	4640,012	251,036	201205	vanha				

Mittaus 4.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4970,418	5499,004	263,039	AS5		KIVI2			
						200904			
						200905			
Mitatut pisteet						Sulkupiste 9605			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4868,337	5978,614	265,029	AP1		ΔP	-5	mm	
60	4920,143	5809,121	262,054	JT1		Δl	-3	mm	
60	4899,705	5873,892	262,817	JT2		Δh	0	mm	
60	4979,596	5492,556	263,313	TOLPPA					

Mittaus 4.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4970,418	5499,004	263,039	AS5		KIVI2			
						200904			
						200905			
Mitatut pisteet						Sulkupiste	9605		
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4868,337	5978,614	265,029	AP1		ΔP	-5	mm	
60	4920,143	5809,121	262,054	JT1		ΔI	-3	mm	
60	4899,705	5873,892	262,817	JT2		Δh	0	mm	
60	4979,596	5492,556	263,313	TOLPPA					
Mittaus 5.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4870,801	5942,082	264,712	1458		JT1			
						TOLPPA			
						JT2			
Mitatut pisteet						Sulkupiste	AP1		
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4857,4	5978,03	261,192	JT3		ΔP	10	mm	
60	4868,33	5978,612	265,044	AP2		ΔI	2	mm	
60	4901,675	6229,047	264,473	JT5		Δh	0	mm	
60	4877,654	6147,377	263,113	JT4	Virhe johtuu apupisteen kolmijalkojen tasauksen heitosta Pyöräkone ajoi apupisteen vierestä!				
Mittaus 6.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4895,92	6217,779	265,909	1609		JT3			
						JT5			
						JT4			
Mitatut pisteet						Sulkupiste	AP2		
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4838,826	6345,473	267,459	AP3		ΔP	-29	mm	
60	4871,614	6328,992	264,261	JT6		ΔI	2	mm	
60	4833,016	6409,829	271,967	AP0825		Δh	9	mm	
						Virhe johtuu apupisteen kolmijalkojen tasauksen heitosta Pyöräkone ajoi apupisteen vierestä!			
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	4833,016	6409,829	271,967	AP0825	mitattu	Poikkeama	0,118	0,052	-0,11
60	4832,898	6409,777	272,077	50909	vanha				

Mittaus 7.									
8.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4866,481	6386,658	266,629	1818		JT4			
						JT6			
						AP0825			
Mitatut pisteet						Sulkupiste AP3			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	4916,242	6601,814	272,639	S1		ΔP	-11	mm	
60	4942,712	6597,605	271,162	S2		Δl	-7	mm	
60	4951,499	6623,34	270,446	S3		Δh	2	mm	
60	4978,776	6622,663	266,314	S4					
Mittaus 8.									
9.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	4991,158	6662,245	266,646	838		S4			
						S1			
						S2			
Mitatut pisteet						Sulkupiste S3			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	5012,691	6635,982	265,683	9621		ΔP	4	mm	
60	4987,148	6691,825	265,69	AP4		Δl	-5	mm	
60	4996,04	6868,265	259,55	9622		Δh	2	mm	
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	5012,691	6635,982	265,683	9621	mitattu	Poikkeama	0,124	0,036	-0,111
60	5012,567	6635,946	265,794	9621	vanha				
60	4996,04	6868,265	259,55	9622	mitattu	Poikkeama	0,186	0,049	-0,051
60	4995,854	6868,216	259,601	9622	vanha				

Mittaus 9.									
9.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	5004,781	6826,608	263,349	955		9622			
						9621			
						S4			
Mitatut pisteet						Sulkupiste	SAP4		
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	5057,148	6904,283	260,162	TJ1		ΔP	11	mm	
60	5082,065	6972,821	258,501	TJ2		ΔI	-1	mm	
						Δh	2	mm	
Mittaus 10.									
9.5.2013									
Asemapiste						Käytetyt kiintopisteet			
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr					
30	5121,145	7005,586	259,086	1052		9622			
						TJ1			
						TJ2			
Mitatut pisteet						Sulkupiste	STJ2		
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			As 1.		
60	5191,048	7094,802	251,742	TJ3		ΔP	-1	mm	
60	5224,83	7110,439	249,645	20104		ΔI	0	mm	
60	5246,254	7163,416	246,7	TJLOL		Δh	1	mm	
60	5279,437	7177,121	245,619	TJLOL2					
Vertailu									
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr			Pohj.	Itä	Kork.
60	5224,83	7110,439	249,645	20104	mitattu	Poikkeama	0,293	-0,039	-0,071
60	5224,537	7110,478	249,716	20104	vanha				