

OPINNÄYTETYÖ

TUOMAS VIITANEN 2013

**Kiintopisteverkon tarkastusmittaus Pahtavaaran
kaivoksella**



Rovaniemen
ammattikorkeakoulu
University of Applied Sciences
UIC

MAANMITTAUSTEKNIikka

Opinnäytetyö

KIINTOPISTEVERKON TARKASTUSMITTAUS PAHTAVAARAN KAIVOKSELLA

Tuomas Viitanen

2013

Toimeksiantaja Lappland Goldminers Oy

Ohjaaja Pasi Laurila

Hyväksytty 7.5.2013 _____

Työ on Theseus-verkkokirjastossa.

Tekijä	Tuomas Viitanen	Vuosi	2013
Toimeksiantaja	Lapland Goldminers Oy		
Työn nimi	Kiintopisteverkon tarkastusmittaus Pahtavaaran kaivoksella		
Sivu- ja liitemäärä	25+3		

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kiintopisteverkon tarkastusmittaukseen Pahtavaaran kaivoksen vinotunnelissa.

Työ käsittelee kaivoksen kiintopisteverkostoa myös yleisellä tasolla. Työssä esitellään myös Pahtavaarassa käytössä olevasta koordinaattijärjestelmästä, ja sen sisäisestä tarkkuudesta.

Pääasiallisesti työssä käsitellään mittauksia kaivoksen vinotunnelissa sekä mittauksiin liittyviä tekijöitä. Tarkastellaan myös sitä, kuinka suuria koordinaattierot ovat uudelleen mitattujen ja alkuperäisten kiintopisteiden välillä. Lisäksi vertaillaan, kuinka paljon kiintopisteiden erot vaikuttavat tunnelikartoitukseen ja kuinka hyvin varsinaiset mittaukset ovat toteutuneet verrattuna laadittuihin mittaussuunnitelmiin.

Useilla tunnelityömailla mittauksissa käytettävät kiintopisteet mitataan ja tarkastetaan jonomittauksella, mutta tässä tapauksessa asemointi suoritetaan vapaanasemapisteen menetelmällä ja mittaukset ottamalla havainnot useammalta asemalta.

Mittausaineisto opinnäytetyötä varten on kerätty Pahtavaaran kaivoksella keväällä 2012.

Avainsana(t) kiintopiste, tarkastusmittaus, Pahtavaara, vinotunneli, Lapland Goldminers Oy, vapaa-asemapiste

Author	Tuomas Viitanen	Year	2013
Commissioned by	Lapland Goldminers Oy		
Subject of thesis	The Inspection Measurement of Grid Reference Systems at the Pahtavaara Mines		
Number of pages	25+3		

This thesis dealt with the inspection measurements of the reference point network in the main tunnel at the Pahtavaara mine.

The thesis also discussed the mine's reference point network in general. In addition the thesis studied the local coordinate system used at the Pahtavaara mine and the internal accuracy of the reference point network.

The thesis focused on surveying the main tunnel and the different elements included in surveying. Thesis also examines how much coordinates differ between the old and the new reference points. In addition, the thesis compared how the differences between the old and the new reference points affected the tunnel maps, and the success of the actual surveys compared to the survey plans.

In many tunnel construction sites the reference points used in the surveys are measured and inspected by traversing. In this case the position of the total station is determined by the resection method, and all of the measurements by surveying from multiple stations.

The measurement material for this thesis was collected from the Pahtavaara mine during the spring 2012.

Keywords reference point, inspection survey, Pahtavaara, main tunnel, Lapland Goldminers Oy, total station, resection

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	1
2	YLEISTÄ.....	3
	2.1 Pahtavaaran kaivos	3
	2.2 Mittaaminen Pahtavaaran kaivoksella.....	4
	2.3 Koordinaattijärjestelmä.....	4
	2.4 Kiintopisteverkon tarkkuusvaatimukset Pahtavaaran kaivoksella	7
	2.5 Kiintopisteet.....	8
3	TARKASTUSMITTAUS.....	10
	3.1 Työn tarkoitus.....	10
	3.2 Suoritusajankohta	10
	3.3 Laitteisto ja kalusto	10
	3.4 Laitteiston kalibrointi ja kaluston tarkastus	11
	3.5 Suunnitelmat.....	11
	3.6 Käytettävä menetelmä.....	11
	3.7 Tulostarkastelu	12
4	TYÖVAIHE.....	14
	4.1 Prismavakion määrittäminen	14
	4.2 Mittausten suorittaminen	15
	4.2.1 Mittausten aloittaminen	15
	4.2.2 Mittaukset -30 tasolta -70 tasolle.....	15
	4.2.3 Tarkastusmittauksen laadunvarmistus	16
5	TULOSTEN TARKASTELU.....	18
	5.1 Suunnitelmien toteutuminen	19
	5.2 Kartoitusten vertailu.....	21
	5.3 Kuiluluotaus.....	22
6	YHTEENVETO.....	24
7	LÄHTEET.....	25
8	LIITTEET.....	26

1 JOHDANTO

Työrupeamani Pahtavaaran kaivoksella alkoi kesällä 2010 mittausapulaisen nimikkeellä. Sitä seuraavana kesänä mittaajana ja helmikuussa 2012 otin vastaan mittausinsinöörin paikan. Jo ensimmäisestä kesästä asti on usein tullut mietittyä sitä, kuinka tarkkoja alimpien tasojen kiintopisteet ovat suhteessa ylempien tasojen kiintopisteisiin. Tiedustellessa tarkastusmittauksista selvisi, että edellisestä tarkastus-mittauksesta oli jo aikaa, ja että uusi mittaus olisi hyvä suorittaa piakkoin.

Hyvänä esimerkkinä kiintopisteiden huonon keskinäisen tarkkuuden vaikutuksista oli Kemin kaivoksella tapahtunut virhe peränajossa. Kyseisellä kaivoksella oli eräässä tasotunnelissa käynyt niin, että kiintopisteistössä oli sattunut jokin virhe ja kartoitus poikkesi todellisuudesta peräti 5 metriä. Virhe oli havaittu, kun alemmalta tasolta oli porattu nousu ylemmälle tasolle. Porattaessa oli huomattu, että nousu ei tullutkaan läpi ylemmällä tasolla (Luusua, 2012.) Tästä syntyi ajatus tehdä sarja tarkastusmittauksia vinotunneliin. Tavoitteena oli sekä selvittää se, kuinka paljon Pahtavaarassa pisteistössä olisi heittoa ja samalla korjata virheet. Koska Pahtavaaran kaivoksen tunnelit etenevät alaspäin, eikä missään vaiheessa tunneli jatku takaisin maanpinnalle, kiintopisteitä ei voida vertailla suoraan maanpinnalla sijaitseviin runkopisteisiin. Virheet kiintopisteissä kasvavat sitä myöten, kun uusia pistettä tehdään. Siksi tunnelissa olisikin suositeltavaa tehdä tarkastusmittauksia säännöllisin väliajoin.

Tiedustellessa kaivoksen tarkastusmittauksista selvisi, että Pahtavaaran kaivoksella suoritettiin edellinen kiintopisteverkon tarkastusmittaus vuonna 2006. Tuolloin kiintopisteet tarkastettiin jonomittauksena tasolle +15 saakka (Aaltovirta, 2011.) Tuon mittauksen jälkeen kaivoksella on saavutettu taso -185, ja matkaa kyseiselle tasolle kertyy lähes kaksi kilometriä. Mainittakoon vielä, että itse tunnelin suu on 185 metriä meren pinnan yläpuolella. Samalla kun kaivostunnelia on ajettu alaspäin, on myöskin kiintopisteverkkoa rakennettu piikkinä pitkin vinotunnelia.

Tarkastusmittauksen suorittamisessa on kuitenkin aina ollut ongelmana sekä ajanpuute että kaivoksen mittausosaston koko suhteessa työmäärään.

Mittausosasto koostuu kaivoksella nykyisin ainoastaan kahdesta vakinaisesta työntekijästä, mittausinsinööristä ja mittaajasta. Aikaa tarkastusmittauksille olisi suuren työmäärän vuoksi ainoastaan viikonloppuisin ja peränajotaukojen aikana.

2 YLEISTÄ

2.1 Pahtavaaran kaivos

Lapland Golminers Oy on kaivosyhtiö, joka kaivostoiminnan lisäksi harjoittaa malminetsintää. Yhtiön päätavoitteena on tuottavan kaivostoiminnan avulla laajentaa ja kehittää toimintaa yhä uusilla alueilla, joista on löydetty kultamalmioita. Yhtiö on perustettu vuonna 1997. Yhtiö työllistää yhteensä 128 henkilöä eri puolilla Ruotsia ja Suomea.

Yhtiö on aloittanut operaatioita eri puolilla niin kutsuttua Kultalinjaa, joka kulkee luoteissuunnassa Suomen ja Ruotsin halki. Operaatiot eri puolilla tätä kultaista linjaa antavat yhtiölle hyvän pohjan ja mahdollisuudet niin jo löydettyjen kuin mahdollisten uusienkin malmien hyödyntämiseen.

Ainoa Lapland Goldminers Oy:n tuottava kaivos on tällä hetkellä Pahtavaaran kaivos Sodankylän kunnassa. Tästä johtuen Pahtavaaran kaivos on merkittävä emoyhtiön kannalta. Lapland Golminers hankki Pahtavaaran kaivoksen keväällä 2008 konkurssiin menneeltä Scan Mining Oy:ltä. ScanMining Oy:ltä yhtiö sai lähestulkoon kaiken sen mitä tarvittiin kaivostoiminnan jatkamiseksi, kuten varsinaisen kaivoksen, murskaamon, valtaukset ja luvat sekä rikastamon ja toimistorakennukset. Tuotanto rikastamalla alkoi 2008 ja louhinta saman vuoden joulukuussa. Kaivos tuottaa noin 25 000 tr.oz kultaa vuodessa, mikä on noin 800 kg (Lapland Goldminers Oy 2012.)



Kuvio 1. Ilmakuva Pahtavaaran kaivokselta, kesä 2011

2.2 Mittaaminen Pahtavaaran kaivoksella

Pahtavaaran kaivoksella on oma mittautiiminsä, joka hoitaa lähes kaikki mittaukset niin maan päällä kuin maan allakin. Ulkopuolisia mittauspalveluita käytetään ainoastaan silloin, kun suoritetaan louhosten laserkeilauksia tai ilmakuvauskuksia, sillä niiden suorittamiseen ei kaivoksella ole omaa kalustoa. Kaivoksella on vakinaisesti kaksi mittaaajaa, joista toinen on mittausinsinööri ja toinen mittaja.

Pahtavaaran kaivoksen mittauspuolelle on jo vuosia ollut ominaista se, että ainoastaan mittausinsinöörin tehtäviä hoitava henkilö on saanut alan koulutuksen. Mittaajan tehtävissä on toiminut kaivoksella niin muurari, panostaja kuin sairaanhoitajakin. Mittaajan perehdytyksen ja tehtävään koulutuksen on aina hoitanut senhetkinen mittausinsinööri.

Mittautiimi on merkittävästi mukana lähes kaikessa etsintään ja louhintaan liittyvässä toiminnassa. Toimiva mittausosasto onkin kaivoksen toiminnan kannalta tärkeä.

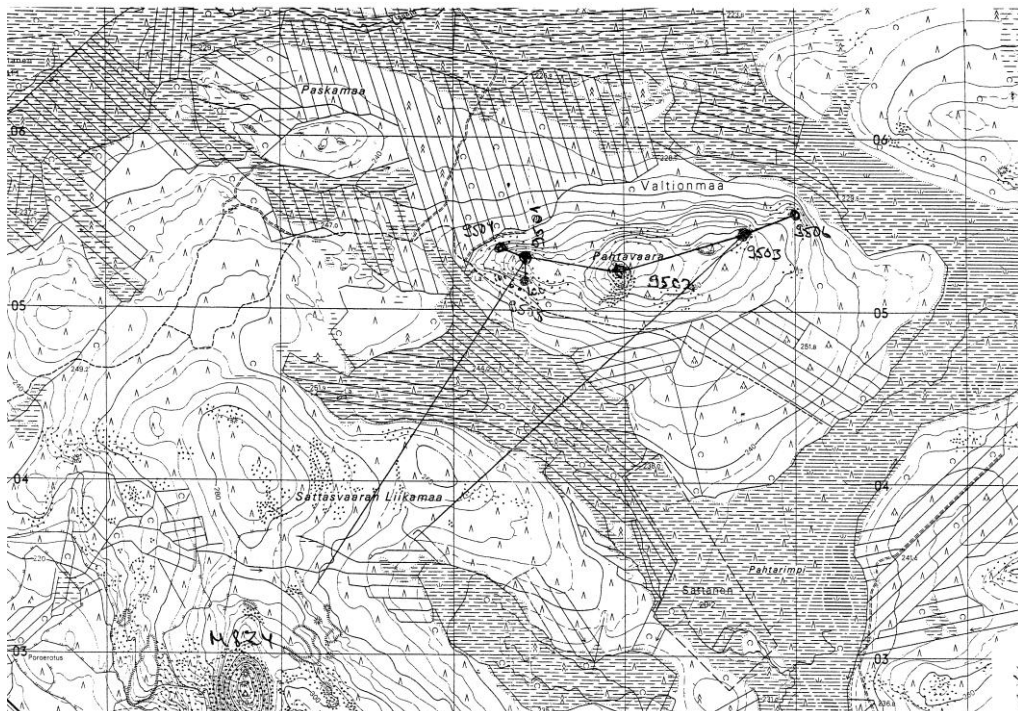
2.3 Koordinaattijärjestelmä

Yleisesti kaivoksilla on käytössä erilliskoordinaatisto, jossa Y-suunnaksi on

valittu malmiesiintymän pituussuunnaksi ja X-suunnaksi Y-suuntaa kohtasuorassa oleva suunta. Koordinaatiston arvot on valittu siten, ettei negatiivisiin arvoihin mennä. Z-suunnan määrittämiseen on käytössä kaksi tapaa. Toisessa Z-koordinaatisto on valtakunnan koordinaatiston mukainen. Yleisesti, varsinkin maanalaisilla kaivoksilla, Z on myöskin erillis-koordinaatistossa. Tuolloin Z:n nollassa valitaan niin korkealta, ettei toiminnassa koskaan mennä sen yläpuolelle. Tätä menetelmää käytettäessä Z-suunnan arvot kasvavat mennessä alaspäin, ja luku kertoo etäisyyden nollassa metreissä. (Härmälä-Wikman 2011, 348.)

Pahtavaaran kaivoksen koordinaattijärjestelmä on määritetty KKJ-koordinaatiston mukaiseksi, joskin koordinaatit ovat lyhennettynä muotoon YYYYY,YYY XXXX,XXX ZZZ,ZZZ. Z-koordinaatiston osalta on myös käytetty valtakunnan järjestelmää, jolloin korkeusarvot tunnelissa muuttuvat negatiivisiksi mentäessä merenpinnan tason alapuolelle.

Kaivoksen koordinaattijärjestelmä toi alueelle vuonna 1995 Sodankylän mittauspalvelu AY. Mittaukset suoritti mittausteknikko Seppo Jokiniemi. Tuolloin kiintopisteitä rakennettiin kuusi. Pisteet sijoiteltiin pitkin Pahtavaaran lakea.



Kuvio 2. Pahtavaaran ensimmäiset kiintopisteet

Korkeus alueelle siirrettiin Rajalan maantien varrella olevasta korkeuskiintopisteestä nro 836215. Kyseisen pisteen järjestelmä on N60. Korkeuden siirto suoritettiin edestakaisena vaaituksena. Tasorunkoverkko mitattiin käyttämällä lähtöpisteenä Sattasvaaran kolmiopistettä nro 82M824 ja liitospisteenä Suonivaaran kolmiopistettä nro 80M920. Tasorunkoverkon järjestelmä on KKJ (Jokiniemi 1995.)

Terramining Oy:n oman mittaryhmän aloittaessa toimintansa kaivoksella mittaukset aloitettiin näiden kuuden kiintopisteen avulla. Terramining Oy:n aikana rakennettiin kiintopisteverkko avolouhokseen sekä vinotunnelin sille matkalle, mitä kyseisen yhtiön aikana ehdittiin louhia.

Alueella olevien kiintopisteiden tarkkuuksissa on paikoitellen huomattaviakin eroja niin sisäisesti, kuin valtakunnallisestikin, ja mikäli niitä vertailtaisiin nykyisiin koordinaattijärjestelmiin, erot olisivat melkoiset. Tämä on tullut esille varsinkin keväällä 2012, kun yhtiölle hankittiin uudenaikainen GNSS/GPS-järjestelmä. Mitattaessa ilman paikalliseen koordinaatistoon sitomista, poikkeamat kartoituksissa olivat jopa useita metrejä.

GPS-laitteella mitattaessa huomattiin myös, että kaivosalueen koordinaatistossa on myös kiertovirheitä. Virhe huomattiin, kun laitetta sidottiin kaivoksen omaan lyhennettyyn koordinaatistoon. Sitominen yhteen pisteeseen ei riittänyt, vaan toimivan koordinaattimuunnoksen saavuttamiseksi GPS täytyi sitoa kahteen kiintopisteeseen. Yhteen pisteeseen sidottaessa virhe oli paikoittain yli kolme metriä. Virhe huomattiin, kun uutta mittausta vertailtiin jo olemassa oleviin karttoihin ja kiintopisteisiin. Kahden pisteen muunnoksella saavutettiin parhaimmillaan puolen senttimetrin tarkkuus kaivoksen omassa järjestelmässä.

Virheet valtakunnalliseen ja sisäiseen koordinaatistoon liittyen ovat syntyneet ensimmäisiä kiintopisteitä tehtäessä huonon tähyssijoittelun vuoksi (Pikkupeura 2012).

Kaivoksen omassa koordinaatistossa on myös alueellisia eroja muutenkin kuin vain kiertovirheen osalta. Vertailtaessa GPS-laitteen avulla

maanpäällisten kiintopisteiden alueellista sopivuutta keskenään, havaittiin, että varsinkin pohjoiskoordinaattien välillä kiintopisteissä saattoi olla useiden kymmenienkin senttimetrien eroja. Pisteitä tutkittiin sitomalla GPS-laite jonkin alueen kiintopisteisiin ja käymällä sen jälkeen toisen alueen kiintopisteillä.

Suurista eroista ja huonosta yhteensopivuudesta huolimatta nykyisellä yhtiöllä Lapland Goldminers Oy:llä ei ole näillä näkymin suunnitteilla koordinaattijärjestelmän uusimista. Suurimpina esteinä laajalle tarkastusmittaukselle ovat ajan ja resurssien puute. Koordinaattijärjestelmän uusiminen tulisi yhtiölle kalliiksi ja työlääksi hyötyyn nähden, sillä omalla paikallisella koordinaattijärjestelmälläkin pärjätään. Uusiessa nykyinen koordinaattijärjestelmä jouduttaisiin myös koko tunneliverkoston kiintopisteistö uusimaan. Tunnellissa on kuitenkin tarkoituksena suorittaa aika-ajoin tarkastusmittauksia.

2.4 Kiintopisteverkon tarkkuusvaatimukset Pahtavaaran kaivoksella

Kaivoksella ei ollut virallisia asiakirjoja liittyen kiintopisteverkon tarkkuusvaatimuksiin. Kiintopisteverkon tarkkuusvaatimukset ovat siten aina silloisen mittausinsinöörin päätettävissä. Toimivan kaivosmittauksen kannalta on kuitenkin tärkeää, että keskinäinen tarkkuus tasoperien osalta olisi ainakin 10 senttimetriä ja kaikkein huonoimmillaan 30 senttimetrin luokkaa. Uusia kiintopisteitä tehdessä ja mitattaessa pyritään aina kuitenkin kaavoitusmittausohjeiden mukaisen käyttökiintopisteiden tasotarkkuuden osalta mittausluokkiin 1, 2 ja 3 (Kaavoitusmittausohjeet 2003, 10).

Vinotunnelin osalta tarkkuuden tulee olla suurin ja siksi vinotunnelin kiintopisteverkko on syytä tarkastaa aika ajoin. Pahtavaaran kaivoksella ei ole tähän päivään mennessä tapahtunut sellaista, että esim. läpivienti ei olisikaan tullut siinä kohti läpi, kuin oli ylemmälle tasolle suunniteltu. Niinpä voidaan arvioida, että tunnelin kiintopisteistö on pysynyt varsin hyvässä sisäisessä tarkkuudessa.

Tunnelin sisäiseen tarkkuuteen tasoperien välillä saatiin viitteitä, kun mitattiin tasonperän puhkaisevan kairareiän sijainti alemmalla tasolla ja verrattiin sitä tietokannassa olevaan kairareiän sijaintiin. Kairareikä tuli läpi tasonperän katosta 10 cm tarkkuudella siihen verrattuna, kuinka sen tietokannan mukaan

tuli kulkea. Voitiin siis todeta, että tasoperillä sijaitsevien kiintopisteiden välinen keskinäinen tarkkuus oli suhteellisen hyvissä rajoissa.

2.5 Kiintopisteet

Yleisesti maanalaisilla kaivoksilla on käytetty runkopisteinä seinään kiinnitettäviä seinäpisteitä, joiden päälle voidaan asettaa koje ja mitattavan pisteen naapuripisteille pakkokeskityssarja prismoineen. Usein tarkan jonon rinnalle rakennetaan käyttöpisteitä, joita varten on olemassa erilaisia kiilaantureita, jotka on helppo porata seinään ja joihin on helppo kiinnittää prismoja. Yksinkertaisimmillaan piste voi olla pultinkanta, johon mittaus tehdään tarkalla prismattomalla mittauksella (Härmälä-Wikman 2011, 353.)

Pahtavaaran kaivoksen tunnelessa on kahden tyyppisiä kiintopisteitä. Terra- ja Scanminingin aikana kiintopisteet olivat kallioon kiinnitettyjä pultin kantoja, joihin GPS1-mallin prisma ruuvattiin paikoilleen kantaan sopivan tangon kanssa. Kyseisen mallisen kiintopisteen vahvuus oli se, että prisma näkyi kauas pitkän vartensa ansiosta, ja kiintopiste oli suojassa liikenteeltä. Kiintopisteen malli oli kuitenkin käytännön kannalta ongelmallinen. Prismen kiinnittäminen kantaan oli hidasta ja työlästä ja mikäli kantaan pääsi jotakin ylimääräistä, tankoa ei välttämättä saanut ruuvattua samalla tavoin kuin aiemmin. Toinen suuri ongelma oli kannan suoja-pulttien ruostuminen kiinni kantaan. Tunnelissa ruostuminen voi tapahtua hyvinkin nopeasti, joten jo muutaman viikon käyttämättömyyden jälkeen osa pulteista oli saattanut ruostua kiinni tiukastikin.

Uudemmanmalliset kiintopisteet otettiin käyttöön Lapland Golminers Oy:n aloittaessa työt. Uudenmallisessa kiintopisteessä käytettiin myös kallioon kiinnitettyä kantaa ja siihen ruuvattavaa pulttia, joskin pultti jätettiin pysyvästi paikoilleen. Pultin toinen puoli tehtiin sopivaksi Leican GMP101 miniprisman kannalle, jolloin prisma pystyttiin nopeasti ja helposti kiinnittämään kiintopisteeseen. Aiempaan malliin verrattuna uusi kiintopiste oli helpompi käyttöinen, mutta pultin lyhyiden vuoksi prisma ei enää näkynyt niin kauas. Myöskin kiintopisteiden rikkoutuminen koneiden ja räjäytystöiden vuoksi lisääntyi.



Kuvio 3 .GPS1 prisma ja vanhan mallinen kiintopiste



Kuvio 4. GMP101 miniprisma ja uuden mallinen piste

3 TARKASTUSMITTAUS

3.1 Työn tarkoitus

Kaivosyhtiö ei vaatinut minkäänlaisia mittaussuunnitelmia, vaan kaikki mittauksiin liittyen olivat työn suorittajan vastuulla. Työn suorittaja sai laatia sellaiset mittaus-suunnitelmat, kuin itse parhaaksi näki, ja jotka tälle olivat käytännöllisimmät. Mittaussuunnitelmia ei myöskään ole välttämätöntä arkistoida.

Työn tarkoituksena oli tarkastusmitata vinotunnelin jo olemassa olevat kiintopisteet sekä täydentää kiintopisteverkkoa uusilla kiintopisteillä. Kiintopisteet rakennettiin tunnelin seiniin siten, että ne olivat tukevasti vakaassa kalliossa. Mittauksen aikana korvattiin pääosin myös vanhanmalliset kiintopisteet tasolta +28 eteenpäin. Työn aikana vertailtiin uudelleen mitattujen kiintopisteiden koordinaatteja vanhoihin sekä tarkasteltiin uusien pisteiden avulla mitattujen tunnelikartoitusten poikkeavuutta sen hetkisiin järjestelmässä oleviin kartoituksiin.

3.2 Suoritusajankohta

Työ oli tarkoitus suorittaa keväällä ja kesällä 2012 viikonloppuisin tai mahdollisten peränajotaukojen aikana. Varsinaista mittaustyötä ei juurikaan voitu suorittaa arkisin johtuen runsaasta kevyestä ja raskaasta liikenteestä vinotunnelissa. Koska vinotunnelista joudutaan suoritettavien mittausten vuoksi sulkemaan tilanteen vaatima pätkä, aiheutuisi siitä tuotannon ja huollon kannalta tarpeettoman suurta haittaa. Mittausta ei myöskään voitu suorittaa liikenteen keskellä johtuen raskaiden koneiden aiheuttamasta tärinästä.

3.3 Laitteisto ja kalusto

Mittauksissa käytettiin Leican robottitakymetriä mallia TCRP 1205+. Mittauksessa käytettiin pääasiassa Leican omia GMP101-mallin miniprismoja. Alkuvaiheen mittauksissa jouduttiin miniprismojen lisäksi käyttämään vanhoja GPS-1 mallin prismoja, sillä uudenmalliset miniprismoille sopivat kiintopisteet alkavat vasta tasolta -30.

3.4 Laitteiston kalibrointi ja kaluston tarkastus

Käytettävä Leican TPS 1205+ robottitakymetri on aina hyvä kalibroida ennen tarkkojen mittausten suorittamista. Takymetri oli edellisen kerran kalibroitu marraskuussa 2011. Kalibrointi tapahtui tutkimustunnelissa, sillä kalibroinnin suorittamiseen tarvitaan 100 metrin matka ja olosuhteiden tulee olla samanlaiset, kuin itse mittaustilanteessa.

Johtuen takymetrin rikkoutumisesta kesällä 2011, katosivat tiedot vanhan Zeiss-takymetrin kanssa käytetyn prismamallin GPS-1:n prismavakiosta. Tämän vuoksi jouduttiin määrittämään uudelleen kyseisen prismamallin kanssa käytettävä prismavakio.

3.5 Suunnitelmat

Mittaussuunnitelmat laadittiin A3-koon paperille. Dokumentointia varten suunnitelmat kopioitiin A4-koon paperille. Suunnitelmassa näkyivät seuraavat asiat:

- sijainti
- aika
- koordinaatistorajat
- kojeasemien sijainti ja mittausnumero
- orientointiin käytettävät kiintopisteet
- uudet kiintopisteet
- vanhat kiintopisteet
- uudelleen mitattavat kiintopisteet merkittyinä vanhojen päälle
- merkintöjen selitteet

3.6 Käytettävä menetelmä

Mittauksessa käytettiin kojeen orientointiin vapaanasemapisteen menetelmää. Orientointi tuli jokaisen aseman kohdalla tapahtua käyttämällä vähintään neljää eri kiintopistettä, joista vähintään yhden tuli olla takymetrin etupuolella. Tavoitteena oli, että kiintopisteitä on sekä edessä, sivuilla ja takana. Käyttämällä useampaa kuin kahta kiintopistettä orientointiin, koje joutuu suorittamaan niinsanotun ylimääritetyn asemapisteen laskennan.

Sijaintinsa laskentaan takymetri käyttää pienimmän neliösumman periaatetta. Ylimäärityksen avulla pyritään parantamaan orientoinnin tarkkuutta (Laurila 2008, 246; Leica 7.2, 183.)

Mittaukset jokaiselle kiintopisteelle suoritettiin kolmelta eri kojeasemalta, jotta voitiin eliminoida mahdollisia orientoinnin aikana tapahtuneita virheitä. Takymetri laskee itse tasoituksen havaintojen perusteella. Takymetri käyttää tasoitukseen painotetun keskiarvon menetelmää (Leica 8.5, 48.) Useiden kojeasemien lisäksi yhteen pisteeseen otettujen havaintojen määrä kasvatetaan käyttämällä mittauksessa molempia kojeasentoja.

Otettaessa havainnot prismoihin käytettiin sekä orientoinnin, että mittauksen aikana takymetrin toimintoa, jossa koje ottaa havainnot molemmissa kojeasemnoissa. Tällä tavoin saatiin minimoitua mahdollisia takymetristä itsestään johtuvia virheitä. Akseli- ja epäkeskisyysvirheet eivät aiheuta ongelmia, kun havainnot tehdään molemmissa kojeasemnoissa. Kahden kojeasennon menetelmällä saadaan eliminoitua myös mahdollisen nollapistevirheen vaikutus (Laurila 2008, 264, 267.)

Mittaukset tuli tarkistaa aiemmassa mittauksessa rakennettuun tai uudelleen mitattuun kiintopisteeseen. Sulkumittaus suoritettiin jokaisen kojeaseman yhteydessä ja saatuja koordinaatteja vertailtiin kiintopisteen aiemmin mitattuihin koordinaatteihin. Sulkupisteeksi valittiin piste, joka oli mitattu mahdollisimman aikaisessa vaiheessa työtä.

3.7 Tulostarkastelu

Mittaustuloksia tarkasteltiin sekä mittauksen aikana takymetrillä, että myöhemmin excel-taulukkolaskentaohjelman ja surpac-ohjelmiston avulla. Excel-ohjelman avulla kerättiin jokaisen mittauksen tiedot sekä vertailtiin koordinaattieroja uudelleen mitattujen pisteiden ja vanhojen pisteiden välillä.

Taulukossa näkyivät seuraavat tiedot:

- mittauksen numero
- aika
- asemapisteeet
- orientoinnissa käytetyt kiintopisteet
- mitatut pisteet
- sulkupiste ja sulkuvirheet
- vertailu uusien ja vanhojen koordinaattien välillä

Surpac-ohjelman kautta saatiin karttakuvat ja tulosteet, sekä tarkasteltiin sitä, kuinka tunnelikartoitus orientoitua uusiin kiintopisteisiin, poikkesi vanhoista kartoituksista.

4 TYÖVAIHE

4.1 Prismavakion määrittäminen

Mittaukset Pahtavaaran kaivoksella tehtiin aikaisemmin Zeiss-merkkisellä takymetrillä. Kyseisen takymetrin kanssa käytettiin GPS-1-mallisia prismoja, jotka kiinnitettiin jatkovarteen liitettynä tunnelin seinissä oleviin kiintopisteisiin. Kun kaivokselle hankittiin uusi takymetri Leicalta, määritettiin GPS-1-prismalle uuden takymetrin kanssa yhteensopiva prismavakio. Prismavakio jouduttiin määrittämään, sillä GPS-1-prisman kannassa lukeva prismavakio ei ollut yhteensopiva Leican takymetrin asetusten kanssa. Myöhemmin kiintopisteet rakennettiin Leican miniprismoilta sopivan mallisiksi, jolloin GPS-1-mallin prisma jäi lähes täysin tarpeettomaksi. Takymetrin prosessorin rikkoutuessa kesällä 2011, katosivat myöskin kojeelle määritetyt prismavakiot. Tästä johtuen jouduttiin prismavakio määrittämään GPS-1 prismalle uudelleen.

Prismavakio on elektro-optisen etäisyydenmittauksen korjaus, joka riippuu takymetristä ja etäisyydenmittauksessa käytettävästä prismasta. Virheellinen prismavakio voi aiheuttaa senttimetrien virheitä mitattuihin etäisyyksiin. Tämän vuoksi prismavakion arvo pitää pystyä tarkistamaan. Tarkastus voidaan tehdä tunnetun vertailumatkan avulla, mutta myös ilman tunnettua vertailumatkaa (Laurila 2008, 339.)

Prismavakion määrittäminen suoritettiin ensin toimiston sisätiloissa mittaamalla etäisyys takymetrillä Leican omaan prismaan, jonka prismavakio oli nolla, ja seuraavaksi samaan pisteeseen kiinnitettyyn GPS-1-prismaan. Saadut etäisyydet vähennettiin toisistaan, jolloin saatiin tulokseksi 7,5 mm. Sama mittaus toistettiin myös ulkoilmassa, jolloin prisma oli kiinnitettynä kolmijalkoihin noin 10 metrin etäisyydelle takymetristä. Tulokseksi saatiin sama 7,5 mm. Takymetriin luotiin uusi prismamalli GPS-1 ja sen prismavakioksi syötettiin 7,5 mm. Uusi prismavakio tarkastettiin vielä vaihtamalla 0-vakion prisma Leican miniprismaan, jonka vakio on 17,5 mm, ja mittaamalla etäisyys molempiin prismoihin niiden omilla vakioilla. Etäisyydet täsmäsivät, joten GPS-1-prismalle määritetty 7,5 mm:n vakio hyväksyttiin.

4.2 Mittausten suorittaminen

4.2.1 Mittausten aloittaminen

Verrattuna esimerkiksi metrotunneleihin, Pahtavaaran tunneliprofiili on varsin kapea ja mutkainen. Vinotunnelin suorat ovat harvoin yli 200 metriä pitkiä ja mutkat ovat paikoittain hyvinkin tiukkoja. Useimmiten Pahtavaaran vinotunneli tekee 180 asteen käännöksiä suorien välillä. Tunneliverkosto onkin vinotunnelin osalta Pahtavaarassa varsin spiraalimainen. Tiukoista mutkista johtuen pisteistön sijoittelu käytännöllisesti on usein vaikeaa, ja jopa yhden pisteen saaminen takymetrin etupuolelle oli paikoittain vaikeaa.

Mittaustyöt päästiin aloittamaan peränajotauon aikana 6.2.2012. Mittauksia oli alun perin ollut tarkoitus tehdä koko viikon ajan, mutta erinäisten lisätöiden sekä häiriöiden vuoksi pystyttiin varsinaiset mittaukset aloittamaan vasta keskiviikkona 8.2.2012. Positiivista kuitenkin oli, että mittaukset pystyttiin aloittamaan alemmalta tasolta kuin alun perin luultiin. Alustavien tietojen mukaan edellinen tarkastusmittaus oli suoritettu tasolle +40 asti, mutta tutkittaessa vuoden 2006 mittausarkistoja havaittiin, että jonomittausta oli tehty tasolle +15 asti. Kyseiseltä tasolta saatiin helposti havainnot orientointiin vaadittaviin neljään kiintopisteeseen. Ongelmia mittauksiin tuottivat vanhojen prismojen huono kunto sekä peränajotauosta huolimatta jatkunut raskaan kaluston ajo vinotunnelissa. Tuolloin päätettiin, että tulevat mittaukset suoritettaisiin valmistelun osalta lauantaisin ja itse mittauksen osalta sunnuntaisin iltapäivisin, sillä niihin aikoihin liikennettä olisi kaikkein vähiten.

Ensimmäisen viikon aikana mittaukset etenivät tasolta +15, tasolle -30 saakka. Uusia kiintopisteitä rakennettiin 18, ja vanhoja kiintopisteitä uudelleenmitattiin kahdeksan.

4.2.2 Mittaukset -30-tasolta -70-tasolle

Mittauksia päästiin jatkamaan seuraavan kerran 4.3. Tuolloin ensimmäinen päivä käytettiin suosiolla mittausten valmisteluun ja itse mittaukset säästettiin seuraavalle päivälle. Toisella mittauskerralla työt etenivät tasolta -30 tasolle -50 asti. Uusia kiintopisteitä tuolloin rakennettiin 12 ja vanhoja uudelleen

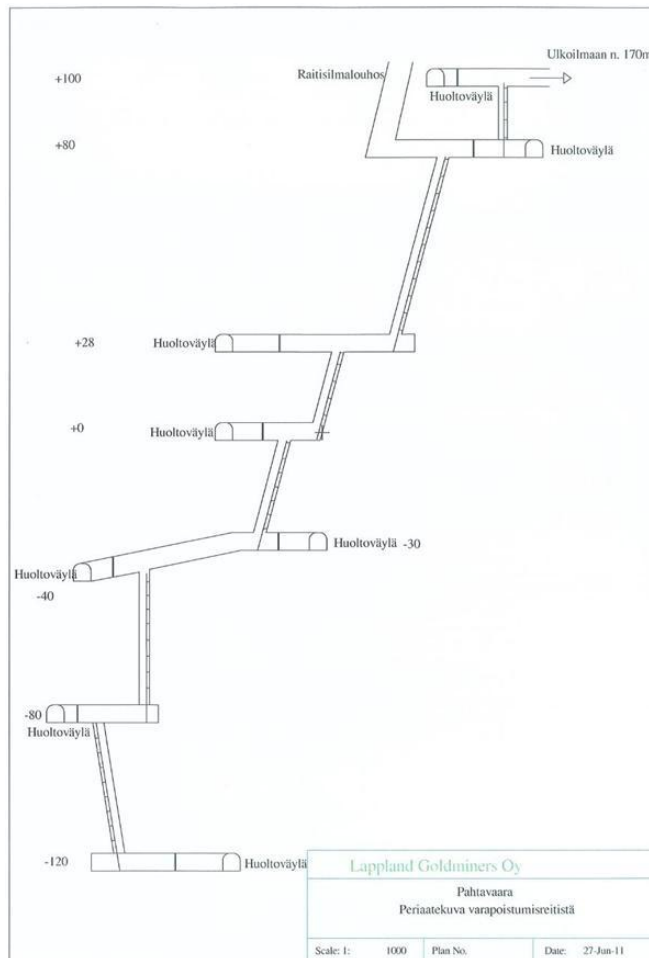
mitattiin 10. -30-tasolta alaspäin lähtiessä voitiin jo luopua täysin vanhanmallisten kiintopisteiden uudelleen mittaamisesta, sillä miniprismoille tarkoitetut pulttikiintopisteet alkoivat kyseisen tason risteyksestä. Tämä nopeutti mittaustyötä ja havaittiin myös, että orientointitarkkuudet paranivat huomattavasti. Opinnäytetyöhön liittyvät tarkastusmittaukset päätettiin niinsanotun uuden VT:n risteykseen. Kyseisestä kohdasta kuitenkin jatkettaisiin myöhemmin tarkastusmittauksia yhden kojeaseman mittauksilla. Uuden VT:n risteys saavutettiin 15.4. Tuolloin tehtiin kahdet mittaukset.

4.2.3 Tarkastusmittauksen laadunvarmistus

Pahtavaaran vinotunneli etenee ainoastaan alaspäin, joten laadunvarmistus on haasteellista. Paras keino olisi kuiluluotaus, jossa pystykuiluun viritetään luotilanka. Luotilangan toisessa päässä oleva punnus voitaisiin asettaa vesiastian huojunnan vähentämiseksi. Kun huojunta on loppunut, orientoidaan molemmissa päissä kuilua takymetri käyttämällä asemointiin kyseisen tason kiintopisteitä ja mitataan kiinni lankaan. Jos kiintopisteet ovat tarkkoja suhteessa toisiinsa, x- ja y-koordinaattien ei pitäisi poiketa toisistaan.

Pahtavaarassa luotilangan virittäminen ei olisi kovinkaan yksinkertaista, sillä pelastusnousut eivät ole täysin suoria, vaan ne mutkittelevat paikoittain huomattavastikin. Tämän vuoksi suunniteltiin, että kuiluluotauksen voisi suorittaa niin, että kuilun suoruudesta riippuen tehtäisiin kiintopiste joko kuilun yläpäähän, tai puoliväliin. Tuolloin voitaisiin suorittaa mittaus kyseiseen pisteeseen helposti sekä kuilun alapäästä ja yläpäästä.

Vinotunnelin sillä osuudella, jolla mittauksia suoritetaan, on kaksi pelastusnousua. 28 tasolta johtaa pelastuskuilu 0 tasolle ja sieltä edelleen -30 tasolle.

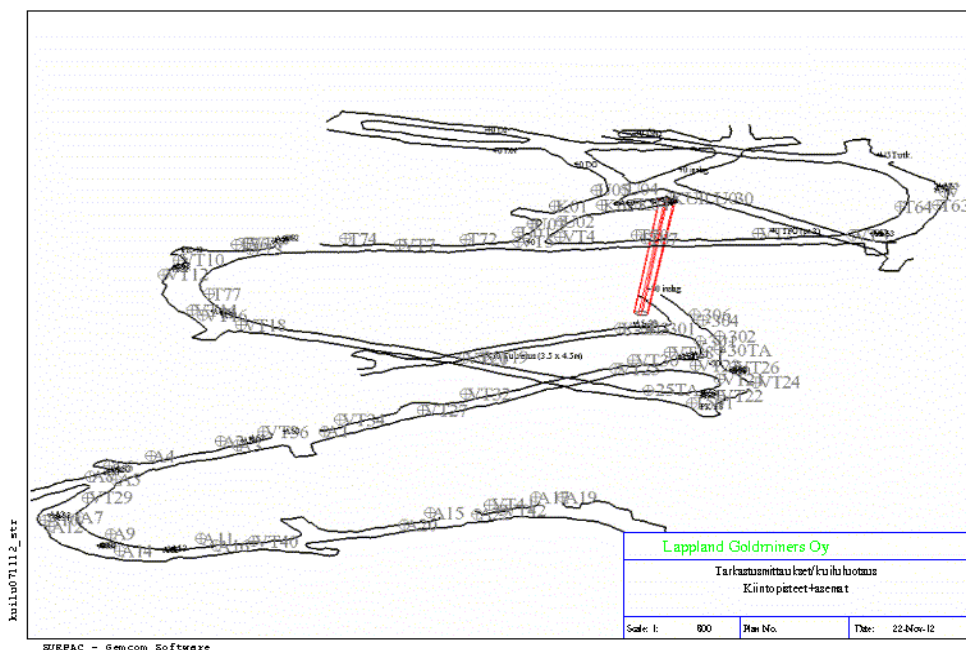


Kuvio 5. Kuvio pelastuskuiluista.

Mittaustulosten laadunvarmistus voitaisiin tehdä myös siten, että mittausta lähdettäisiin tekemään takaisin ylöspäin sen jälkeen, kun saavutetaan uuden vinotunnelin risteys. Tämän menetelmän ongelma on siinä, että viedessä pisteverkkoa uudelleen ylöspäin herää kysymys siitä, kuinka luotettava loppupään uudelleenmittaus on verrattuna siihen, mitä alunperin alaspäin vietiin. Mittausten aikana saattaisi tapahtua virheitä aivan yhtäläillä kuin alaspäin mitattaessa.

5 TULOSTEN TARKASTELU

Kolmen kojeaseman mittauksia opinnäytetyöhön liittyen tehtiin yhteensä 13. Loput mittaukset suoritettiin erillään opinnäytetyöstä yhden kojeaseman mittauksina. Mittaukset suoritettiin vuoden 2012 ensimmäisellä puoliskolla. Yhteensä kolmen kojeaseman mittausten aikana rakennettiin uusia pisteitä 35 ja mitattiin uudelleen 21. Mittausten aikana edettiin vinotunnelia pitkin tasolta +15 tasolle -70 tasolle asti. Työt jouduttiin suorittamaan ensimmäisen peränajotauon jälkeen viikonloppuisin, sillä kesän peränajotauot peruutettiin tuotannon lisäämistavoitteiden vuoksi.



Kuvio 6. Kokonaiskartta mittauksista.

Nopeasti jo mittausten aloittamisen jälkeen pystyttiin havaitsemaan kasvavaa poikkeavuutta kiintopisteiden koordinaateissa. Erityisesti pohjoiskoordinaattien poikkeavuus kasvoi alaspäin mentäessä huomattavasti. Itäkoordinaattien osalta poikkeavuus kasvoi hitaammin. Suurimmillaan ero pohjoiskoordinaatin osalta kasvoi lähes 20 senttimetriin -50-tason kiintopisteessä A16. Kyseisen suuruusluokan ero oli kuitenkin ainoastaan yhdessä kiintopisteessä, joten ero johtui todennäköisesti virheestä aikaisemmassa mittauksessa. Mittausten jatkuessa alaspäin erot koordinaattien välillä pienenevät, joten oletus mahdollisesta mittausvirheestä A16:sta osalta muuttui entistä todennäköisemmäksi. Lukuunottamatta tätä ja

erästä toista -50-tason kiintopistettä (A10), koordinaattierot uusien mittausten ja aikaisempien mittausten osalta jäivät alle 10 senttimetriin. Korkeuskoordinaattien osalta ei ollut juurikaan merkittävää eroa missään vaiheessa mittauksia.

Vaikka -50-tason pisteissä erot olivatkin huomattavimpia, tapahtui erään pisteen kohdalla mielenkiintoinen poikkeavuus. Kyseisen pisteen uudelleen mitatut, ja aikaisemmin mitatut koordinaatit poikkesivat pohjoiskoordinaatin osalta ainoastaan yhden millimetrin. Kaikissa muissa kyseisen tason pisteissä oli ollut yli viiden senttimetrin erot. Se mistä poikkeavuus johtuu, voi olla mittausvirhe aiemmissa mittauksissa, joskin tietyssä mielessä hyvänlaatuinen sellainen.

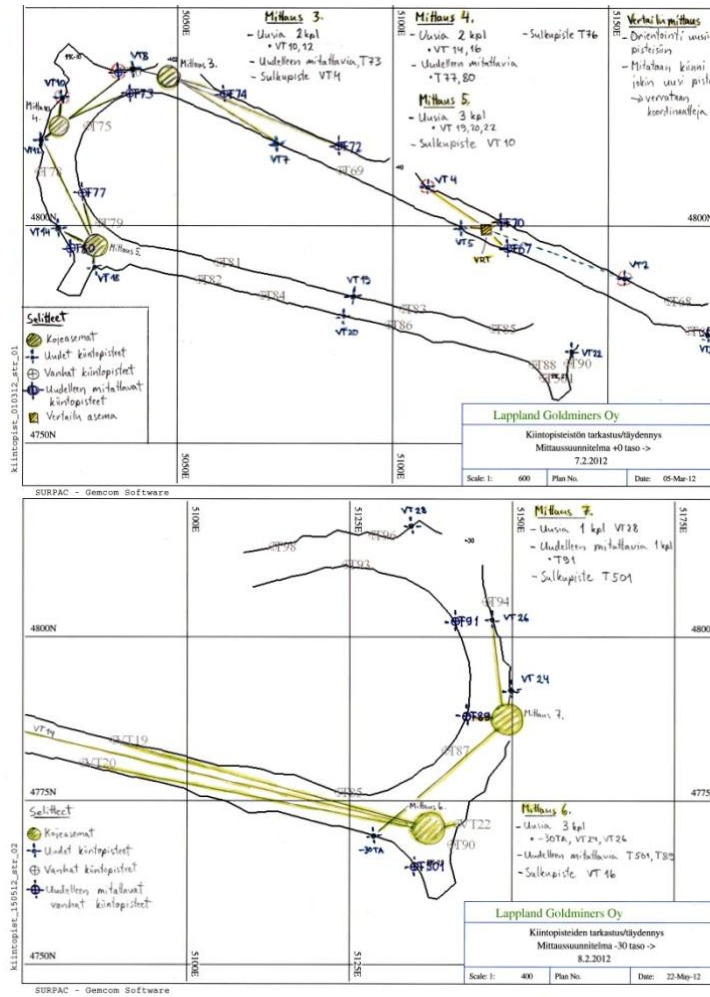
Taulukko 1. Mittaus 13.

Mittaus 13.				
15.4.2012				
Asemapisteen				
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	AsPtNr
30	4747,265	5013,259	-54,163	AS1
30	4746,437	5012,516	-54,117	AS2
30	4747,937	5014,603	-54,254	AS3
Käytetyt kiintopisteet				
VT30, A9, A10, A14				
Uusia 4 kpl				
Vanhoja 1 kpl				
Mitatut pisteet				
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr
60	4815,278	5092,637	-67,945	VT41
60	4810,868	5095,018	-67,948	VT42
60	4824,869	5103,903	-69,58	A17
60	4756,914	5022,019	-55,139	A11
60	4826,18	5110,234	-70,18	A19
Sulkupiste				
A12				
As 1. As 2. As 3				
ΔP 1mm 1mm 1mm				
ΔI 0mm 0mm 0mm				
Δh -1mm -1mm 0mm				
Vertailu				
Koodi	Pohj.	Itä	Kork.	PtNr
60	4756,914	5022,019	-55,139	A11 mitattu
60	4756,915	5022,027	-55,139	A11 vanha
Poikkeama				
Pohj. Itä Kork.				
-0,001 -0,008 0				

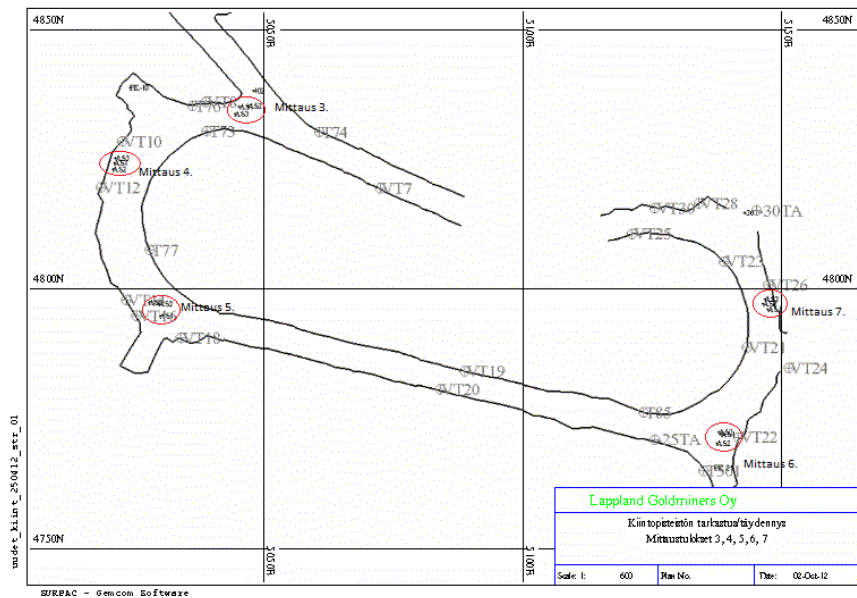
5.1 Suunnitelmien toteutuminen

Työn aikana suoritettavat mittaukset toteutuivat pääosin siten kuin suunnitelmat oli laadittu. Poikkeuksia tuli lähinnä niissä tapauksissa, kun jokin piste ei näkynytäkään suunnitellulle kojeasemalle tai silloin, kun pystyttiinkin mittaamaan luultua enemmän ja kauemmas.

Vertailu suunnitelmien ja toteutumisen osalta mittauksissa 3,4,5,6 ja 7



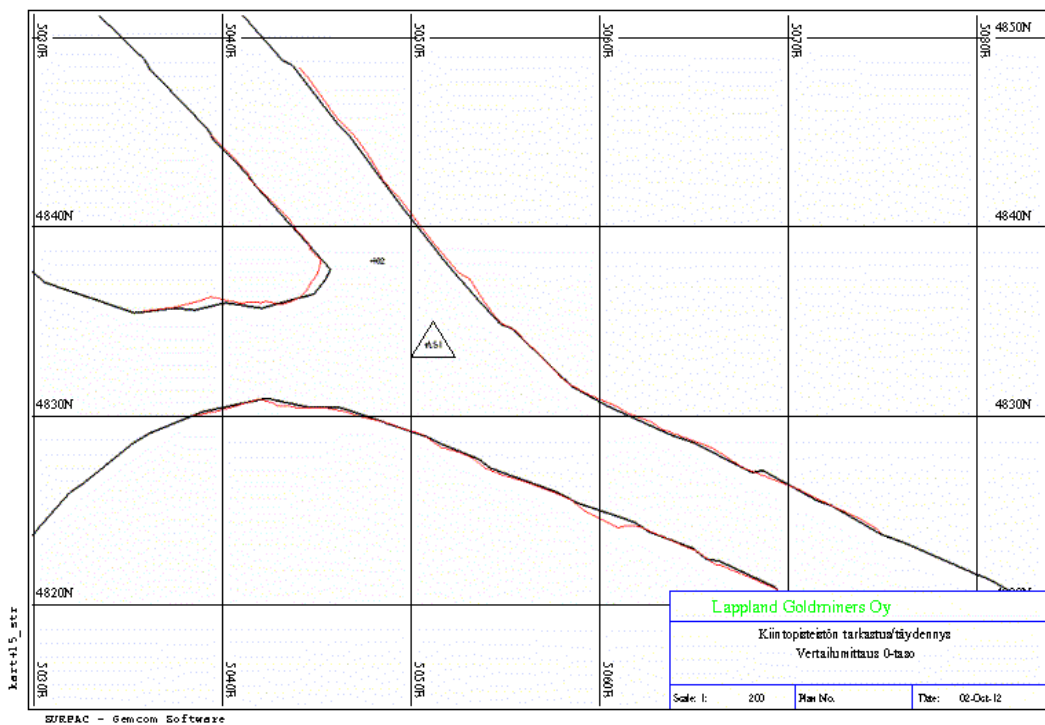
Kuviot 7. ja 8. Mittaussuunnitelmat 3,4,5,6 ja 7.



Kuvio 9. Toteutuneet mittaukset. Kojeasemat on merkitty punaisilla ympyröillä. Uudet pisteet harmaalla

5.2 Kartoitusten vertailu

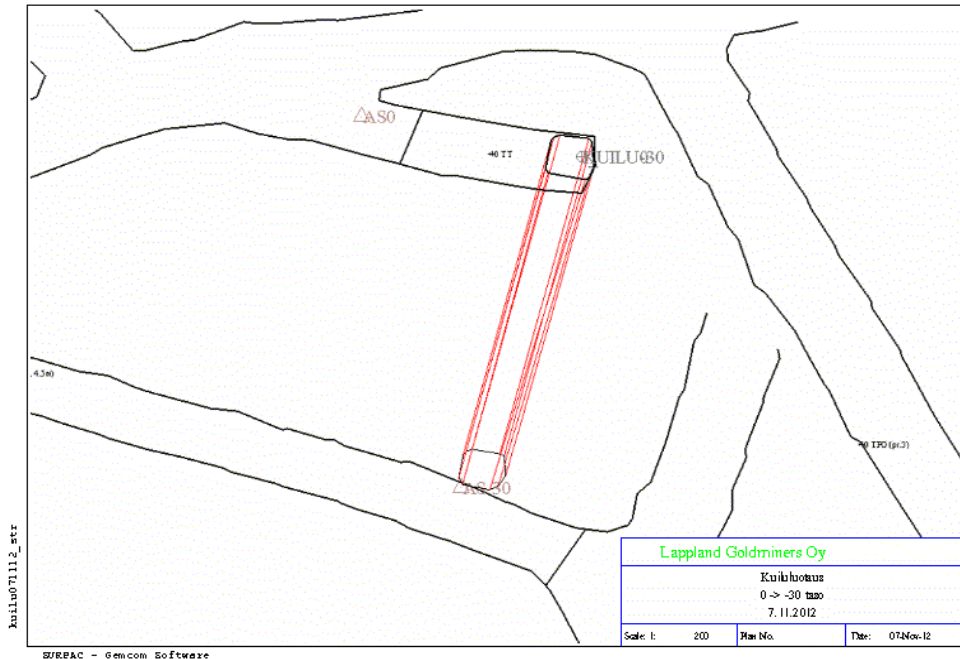
Tarkastusmittausten yhteydessä kartoitettiin vertailun vuoksi osia vinotunnelista uudelleen käyttämällä uusia kiintopisteitä. Kartoituksia vertailtaessa huomattiin, ettei tunnelin suunta ja seinien sijainti muuttunut merkittävästi. Tunnelin pohjan korkeudessa havaittiin paikoittain metrinkin muutos, mutta se johtui puhtaasti uusien tiemassojen runsaasta ajosta, sillä mittausten aikana ei havaittu merkittäviä muutoksia kiintopisteiden korkeuskoordinaattien osalta. Seinien xy-poikkeama selittyy myös lähes täysin pohjan koron muutoksesta johtuen, sillä tunneleita kartoittaessa havainnot otetaan aina metrinkorkeudelta pohjaan nähden. Pohjan nousu pystyttiin mittausten aikana havaitsemaan jo siitä, että vanhat kiintopisteet olivat varsin matalalla tunnelin tienpintaan nähden.



Kuvio 10. Vertailukartoitus 0-tasolla.

5.3 Kuiluluotaus

Kuiluluotaus suoritettiin lopulta 0-tason ja -30-tason välisellä pelastusnousulla. Jotta kuiluluotaus voitiin suorittaa, jouduttiin molemmilla tasoilla mittaamaan useampia uusia kiintopisteitä. Mittaukset suoritettiin samoilla periaatteilla kuin varsinaisen tarkastusmittauksenkin aikana.



Kuvio 11. Kuiluluotaus tasoilla 0 ja -30.

Ongelmallista kuiluluotauksen suorittamisessa oli kuilun muoto, sillä se oli varsin kalvea ja mutkitteleva. Mitattava piste tuli sijoittaa 0-tasolle, mutta sitä ei voitu rakentaa tunnelin seinään vaarantamatta turvallisuutta. Niinpä päätettiin kiinnittää mahdollisimman tukevasti sauvan varaan Leican GRZ4 360°-prisma, johon voitaisiin mitata molemmilta tasoilta. Kyseisen prisman käytössä tuli esiin ongelmaksi se, että prisman vakiopoikkeama on valmistajan mukaan ± 5 mm (Leica 2010, 162). Vakiopoikkeaman vuoksi havaintoja prismaan otettiin neljä kertaa molemmissa kojeasemnoissa.

Mittaustuloksen mukaan poikkeamaa koordinaattien välillä oli syntynyt noin 341 metrin matkalla tunnelia pohjoiskoordinaatin osalta 6 mm, itäkoordinaatin osalta -8 mm ja korkeuden osalta -1 mm. Kuten aiemminkin oli jo havaittu, pienin ero koordinaateissa oli korkeudessa. Tarkastusmittausten aikana kyseisellä välillä oli ollut kuusi eri kojeasemaa, ja jotta kuiluluotaus voitiin suorittaa, tuli kojeasemia molemmilla tasoilla kolme lisää. Näin monen

kojeaseman jälkeen jonkinlaiset erot koordinaateissa olivatkin jo odotettavissa.

Taulukko 2. Kuiluluotauksen vertailu.

Asemat	AS0	4832,729	5123,633	0,871
	AS-30	4837,844	5128,472	-30,891

Koord.	0 taso	-30 taso	Erotus
Pohj.	4837,173	4837,167	0,006 m
Itä	5135,076	5135,084	-0,008 m
Korkeus	0,335	0,336	-0,001 m

Kokonaisvaltaisen laaduntarkkailun osalta kuiluluotaus kattoi hieman alle puolet tarkastusmittauksen aikana suoritetuista mittauksista. Vaikka luotaus kattoikin vain osan, antoi se silti osviittaa siitä, miten pisteistön vieminen alaspäin vaikuttaa tarkkuuteen.

Kuiluluotauksen tuloksien perusteella voitiin todeta, että kiintopisteiden keskinäinen tarkkuus oli pysynyt riittäväällä tasolla.

6 YHTEENVETO

Toimivan ketjun luomiseksi malmien etsinnästä niiden louhintaan tunneleissa, tarvitaan asiansa osaava mittaushenkilöstö. Se, että tasoperät, tutkimuskairaukset, poraukset ja louhokset saadaan varmasti kohdilleen, on suurilta osin mittaaajan vastuulla. Tuolloin mittaaajan tulee pystyä luottamaan kiintopisteverkkoon, joka mittausten pohjana tunneleissa toimii.

Jotta luotettava kiintopisteverkko saadaan pidettyä yllä, täytyy aika ajoin suorittaa tarkistusmittauksia. Tarkastusmittausten yhteydessä on hyvä myös täydentää verkkoa, jos osa vanhoista kiintopisteistä on tuhoutunut. Tarkastusmittaukset on hyvä suunnitella tarkastikin etukäteen, varsinkin tunneleissa, sillä pisteiden järkevä sijoittelu voi olla haastavaa, mikäli se tehdään suoraan lonkalta vetämällä.

Tarhoista suunnitelmista huolimatta ongelmilta ei voida kapeissa tunneleissa välttyä. Työn aikana tutuksi tulikin tilanne, jolloin jokin rakennettu tai jo olemassa oleva mitattava piste ei näkynytäkään kojeelle tai tunnelin seinä oli niin heikkolaatuinen, ettei pistettä voitu rakentaa sille paikalle mihin se oli alunperin suunniteltu. Ongelmatilanteissa tuli osata improvisoida, ja osa suunnitelmista korjattiin välittömästi suoraan paperiin. Myös maltti ja kärsivällisyys olivat valttia monissa tilanteissa, kun jonkin tapahtuman seurauksena mittaus jouduttiin aloittamaan kyseisen kojeaseman kohdalla aivan alusta.

Virheiltä ei koskaan voida täysin välttyä, mutta niitä voidaan hallita ja niiden vaikutuksia pienentää monin keinoin, kuten mittausmenetelmän valinnalla ja kojekalibroinneilla. Tarkastusmittauksessa voisi sanoa, että perfektionismi ei ole huono asia, sillä periksiantamattomuus esimerkiksi orientointitarkkuuksien ja sulkumittausten osalta oli tärkeää. Huonolla tai jopa keskitasoisella orientoinnilla ei luotettavaa tarkastusmittausta voida suorittaa.

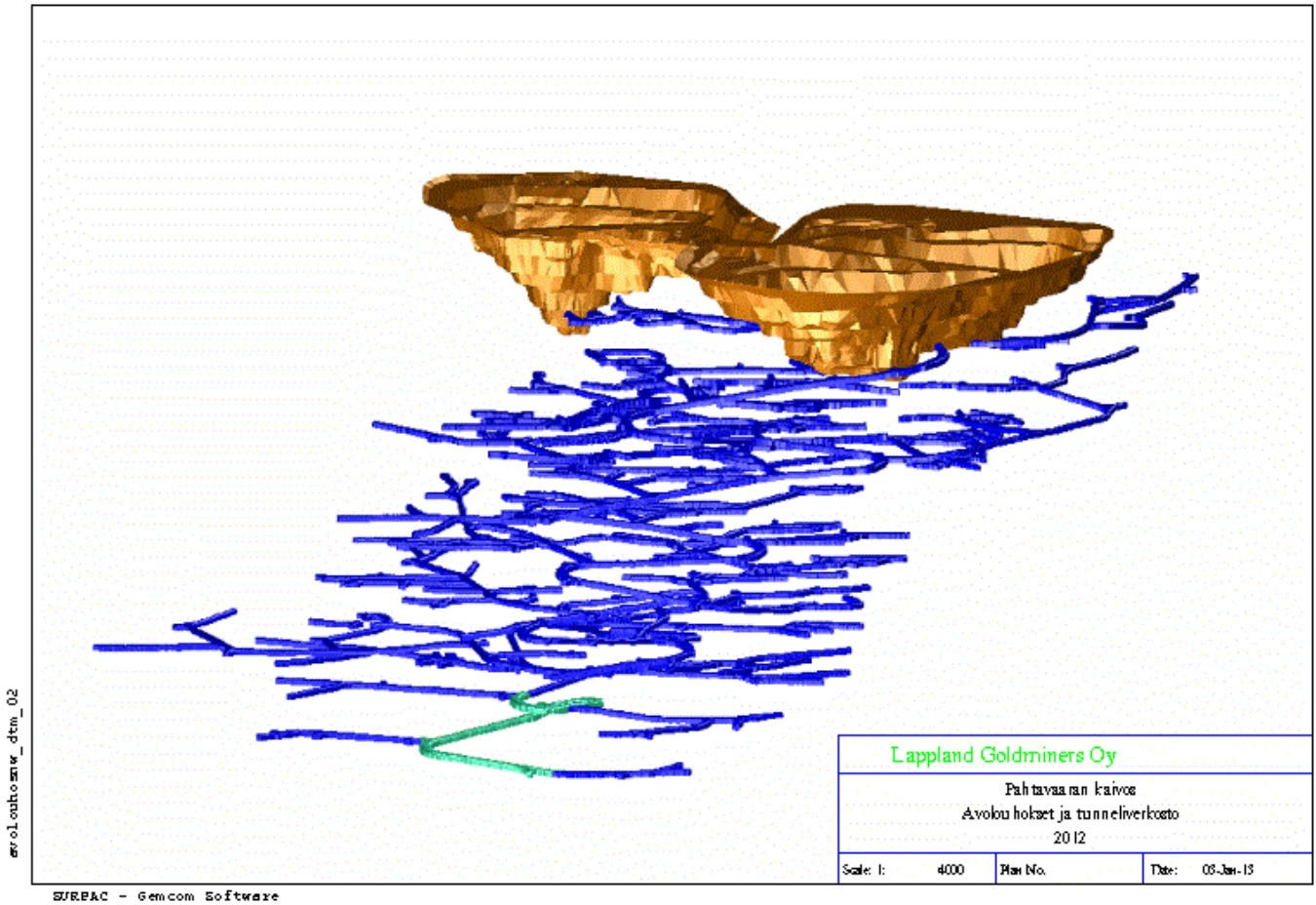
7 LÄHTEET

- Aaltovirta, Mikko 2011. Muistelma Scanmining Oy:n aikaisesta tarkastusmittauksesta.
- 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
- Jokiniemi, Seppo 1995. Mittaukseen liittyvät asiakirjat, jotka on toimitettu kaivokselle 1995.
- Lapland Golminers Oy:n kotisivut 2012.
<http://www.laplandgoldminers.com/system/visa.asp?HID=1344&FID=1154&HSID=25326&ActMenu=25320>. 6.6.2012.
- Laurila, P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3. Rovaniemen ammattikorkeakoulu.
- Leica Geosystems. Leica TPS1200+/TS30/TM30 Sovellukset Kenttäopas. Versio 7.2 Suomi.
- Leica Geosystems. Leica TPS1200+/TS30/TM30 System Kenttäopas. Versio 8.5 Suomi.
- Leica Geosystems. Leica TPS1200+ Käyttäjän käsikirja 2010. Versio 7.2 Suomi.
- Luusua, Jani 2012. Kertomus ajalta jolloin Jani Luusua toimi Kemin kaivoksen mittausinsinöörinä. Kerrottu alkuvuodesta 2012.
- Maanmittauslaitos, keskushallinto 2003. Kaavoitusmittausohjeet

8 LIITTEET

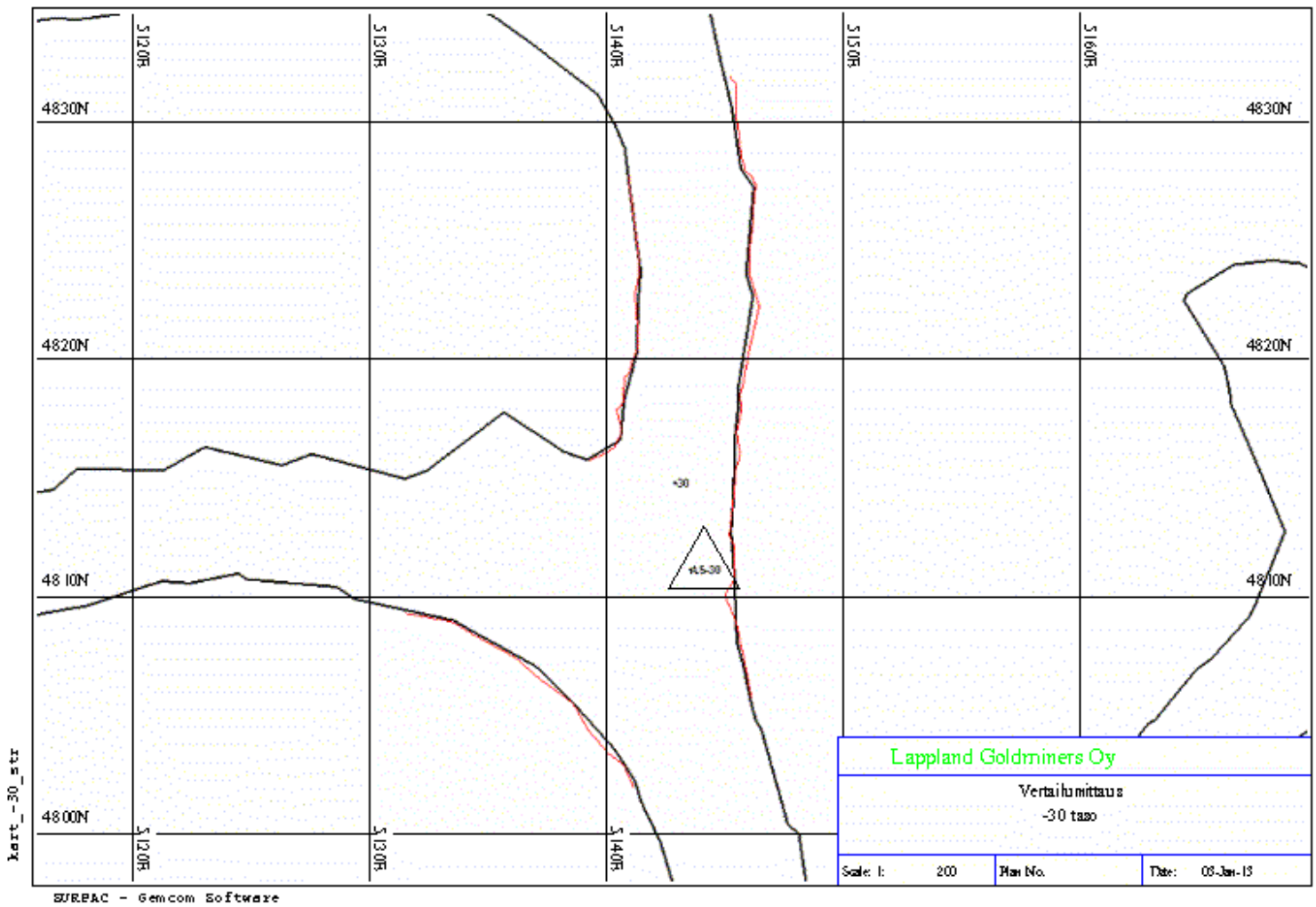
Liite 1.

Pahtavaaran kaivoksen avolouhokset ja tunneliverkosto loppuvuodesta 2012



Liite 2.

Vertailukarttoitus tasolla -30



Liite 3.

Vertailukarttoitus tasolla -50

