

KAIVOSMITTAUKSEN MERKITYS MAANALAISEN LOUHINNAN TARKKUUDESSA

Lasse Ikonen

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2014

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikan
koulutusohjelma

Tekijä	Lasse Ikonen	Vuosi 2014
Ohjaaja	Pasi Laurila	
Toimeksiantaja	Endominex Oy	
Työn nimi	Kaivosmittauksen merkitys maanalaisen louhinnan tarkkuudessa	
Sivu- ja liitemäärä	39+5	

Tämän opinnäytetyön aiheena on ollut selvittää, mikä merkitys kaivosmittauksilla on maanalaisen louhinnan tarkkuuteen Pampalon kultakaivoksella ja maanalaiseen kaivostoimintaan yleisesti. Työssä tarkastellaan myös mittaustyön vaikutusta louhinnan taloudellisuuteen. Työssä käsitellään myös maanalaisen kaivostoiminnan vaatimia kaivosmittaustöitä yleisellä tasolla ja pohditaan ratkaisuja, joista olisi hyötyä louhinnan tehostamisessa sen tarkkuuden ja taloudellisuuden suhteen. Maanalaisessa kaivostoiminnassa louhinnan tarkkuuden ja taloudellisuuden tarkastelu on erityisen tärkeää, sillä ennen varsinaista malmin louhintaa kaivoksessa on monia työvaiheita, jotka aiheuttavat huomattavia kustannuksia.

Työn aineisto on kerätty Pampalon kaivoksella vuoden 2013 aikana erilaisten mittaustöiden tuloksista ja havainnoista. Lisäksi työssä on hyödynnetty alan kirjallisuutta ja Pampalon kaivostoimintaan liittyviä asiakirjoja, ohjeita ja raportteja.

Erlaisilla merkintä- ja kartoitusmittauksilla pystytään vaikuttamaan moniin kaivostoiminnan työvaiheisiin. Kaivosmittauksesta ei saa itsenäistä ratkaisua louhintatyön kehittämiseen, mutta se on tehokas työkalu, joka välittää suunnitteutyölle tarpeellista tietoa ja vie suunnitelmat työkohteisiin.

Asiasanat: kaivos, maanmittaus, kaivostoiminta, louhinta, tarkkuus

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

Author	Lasse Ikonen	Year 2014
Supervisor(s)	Pasi Laurila	
Commissioned by	Endomines Oy	
Subject of thesis	Impact of Mine Surveying on the Accuracy of Underground Mining	
Number of pages	39+5	

The purpose of this thesis was examining, how mine surveying affects the underground mining at the Pampalo goldmine and underground mining in general. The purpose was also to study if surveying has any impact on the economic efficiency of mining. In the field of the underground mining considering the accuracy and the economic efficiency is very important. There are many stages in the process of underground mine that cause high expenses before it is possible to mine ore.

The material was gathered at the Pampalo goldmine in 2013 from the results, observations and experiences of the various mine surveying projects. In addition, the literature on the field of mining as well as the reports, guides and documents related to mining work in Pampalo were utilized.

Different marking, mapping and surveying methods can be found useful in many tasks in underground mining. Mine surveying is not the independent solution for development of mining, but it is an effective tool for mine planning and designing. Surveying transmits important information for different plans. On the other hand, it requires surveying to convey the plans to the mining sites.

Keywords: land surveying, mining, underground mining, accuracy

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 YLEISTÄ PAMPALON KAIVOKSESTA	2
2.1. Kaivoksen tausta	2
2.2. Geologia	3
2.3. Työturvallisuus.....	4
2.4. Kaivostoiminta	6
2.4.1. Peränajo.....	6
2.4.2. Louhintamenetelmät.....	7
2.5. Kaivosmittaus ja muu mittaustoiminta yleisesti.....	9
3 MITTAAMINEN PERÄNAJOSSA.....	11
3.1. Kiintopisteverkko ja sen ylläpito.....	11
3.2. Suunnan merkintä peränajoon.....	13
3.3. Perän kartoitus ja mallinnus.....	17
4 GEOLOGIAAN LIITTYVÄT MITTAUKSET.....	20
4.1. Kairauskohteiden merkintämittaus.....	20
4.2. Soijaporauskohteiden merkintämittaus.....	21
4.3. Kaira- ja soijareikien tarkistusmittaukset.....	23
5 LOUHINTAVAIHEEN MITTAUKSET	24
5.1. Merkintämittaukset louhintaporaukseen	24
5.1.1. Merkinnät yläkätiseen poraukseen	24
5.1.2. Merkinnät alakätiseen poraukseen.....	29
5.2. Louhosten kartoitus ja mallinnus	30
6 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	38
LIITTEET	40

1 JOHDANTO

Maanalaisen kaivoksen toiminta on laaja kokonaisuus ja sen eteneminen malmin louhintavaiheeseen on monia vaiheita sisältävä prosessi, johon kuuluu paljon tutkimustyötä, suunnittelua ja kaivostoimintaa ennen varsinaista louhintaa. Kun malmia louhitaan maan alta, on erityisen tärkeää varmistua louhinnan taloudellisesta kannattavuudesta, sillä maanalaisen tunneliverkoston rakentaminen louhintaa varten vaatii paljon aikaa ja resursseja.

Muun kaivostoiminnan ohella myös kaivosmittaukselta vaaditaan useita eri työvaiheita ennen varsinaista malmin louhintaa. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi kaivosmittauksen vaiheita maanalaisessa kaivostoiminnassa ja selvitetään, mikä merkitys kaivosmittauksella on louhinnan tarkkuuteen ja myös taloudellisuuteen. Lisäksi työssä on pohdittu mahdollisia kaivosmittauksen tarjoamia ratkaisuja louhinnan tarkkuuden parantamiseen, mikä osaltaan voi vaikuttaa myös louhinnan taloudellisuuteen.

Opinnäytetyön aihe kehittyi opiskelun aikaisilla kesätyöjaksoilla työskennellessäni Pampalon kaivoksella. Lisäksi alan opiskelu- ja työkokemus ovat syventäneet näkemystä kaivostoiminnasta, minkä myötä on ollut mahdollista kehittää sellaista tutkittavaa aihetta, mistä olisi hyötyä myös kaivostoiminnan kehittämiseksi.

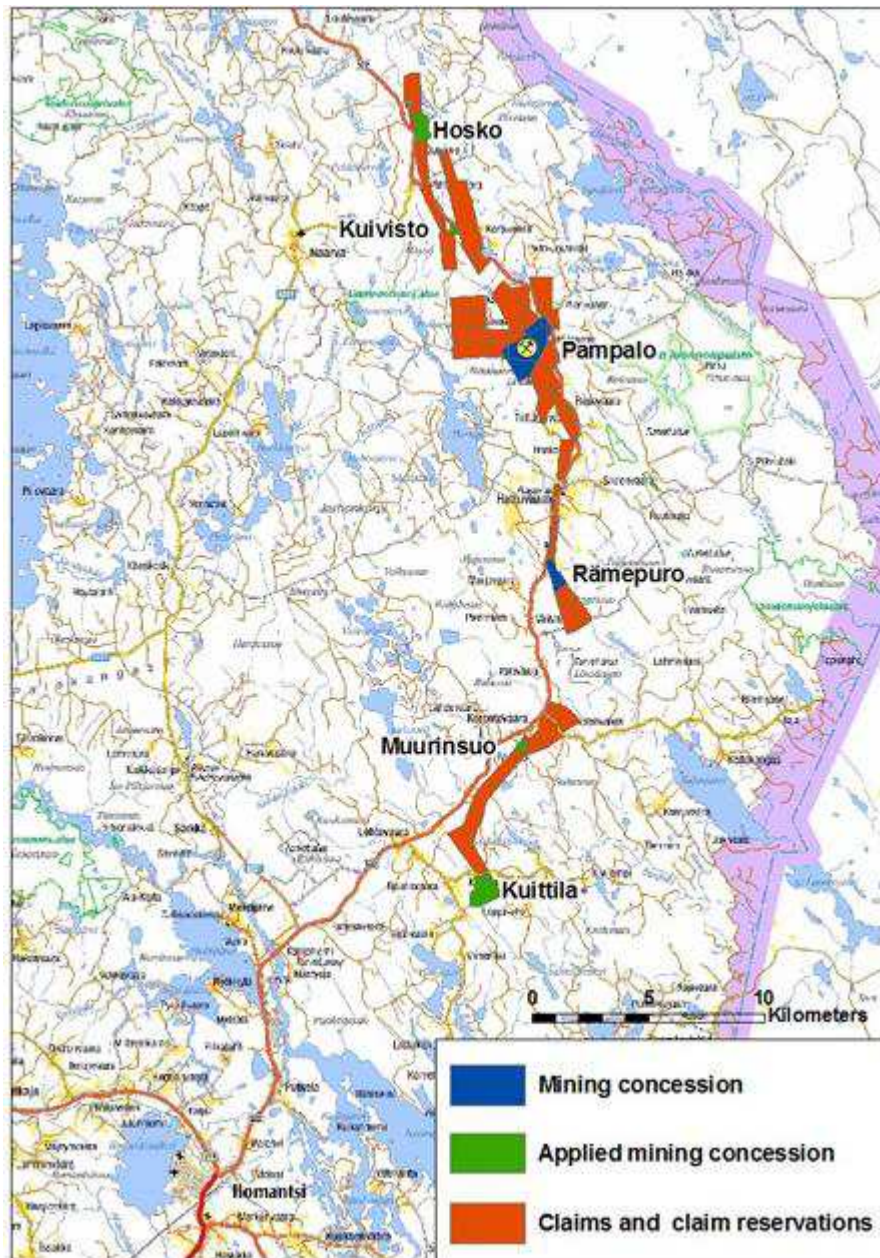
2 YLEISTÄ PAMPALON KAIVOKSESTA

2.1. Kaivoksen tausta

Pampalon kultamineralisaatio löydettiin vuonna 1986 Geologian tutkimuskeskuksen käynnistämän ”Ilomantsin kultaprojektin” aikana. Kyseisen projektin aikana löydettiin Pampalon esiintymän lisäksi monia muita esiintymiä, jotka sijaitsevat Karjalan kultalinjan eteläosissa. Myöhemmässä projektin vaiheessa esiintymiä löydettiin myös kultalinjan pohjoisosista. (Endomines 2013.)

Pampalon ja valtausoikeudet siirtyivät 1994 Outokumpu Miningille Kauppa- ja teollisuusministeriön toteuttaman tarjouskilpailun seurauksena. Outokumpu Mining suoritti Pampalossa koelouhintaa vuosina 1996–1997, ensin avolouhintana ja myöhemmin tunnelilouhintana noin 100 metrin syvyyteen. Outokumpu Mining myi oikeudet edelleen Polar Mining Oy:lle, australialaisen Dragon Mining NL:n tytäryhtiölle. Vuonna 2006 oikeudet siirtyivät nykyiselle omistajalleen, Endomines Oy:lle. (Endomines 2013a.)

Endomines Oy aloitti kaivoksen rakentamisen vuonna 2010 ja tuotantovaiheeseen päästiin vuoden 2011 alussa. Vuoteen 2012 asti louhintaa tapahtui vain maanalaisessa kaivoksessa, ja samalla tehtiin tutkimuskairauksia Pampalon lähiympäristössä sekä satelliittiesiintymillä. Avolouhinta aloitettiin vuoden 2012 lopulla Pampalossa ja koelouhintana Rämepurolla. Lisäksi toista satelliitti-esiintymää, Hoskoa, alettiin valmistella vuoden 2013 aikana tulevaa koelouhintaa varten. (Endomines 2013a; kuvio 1.)



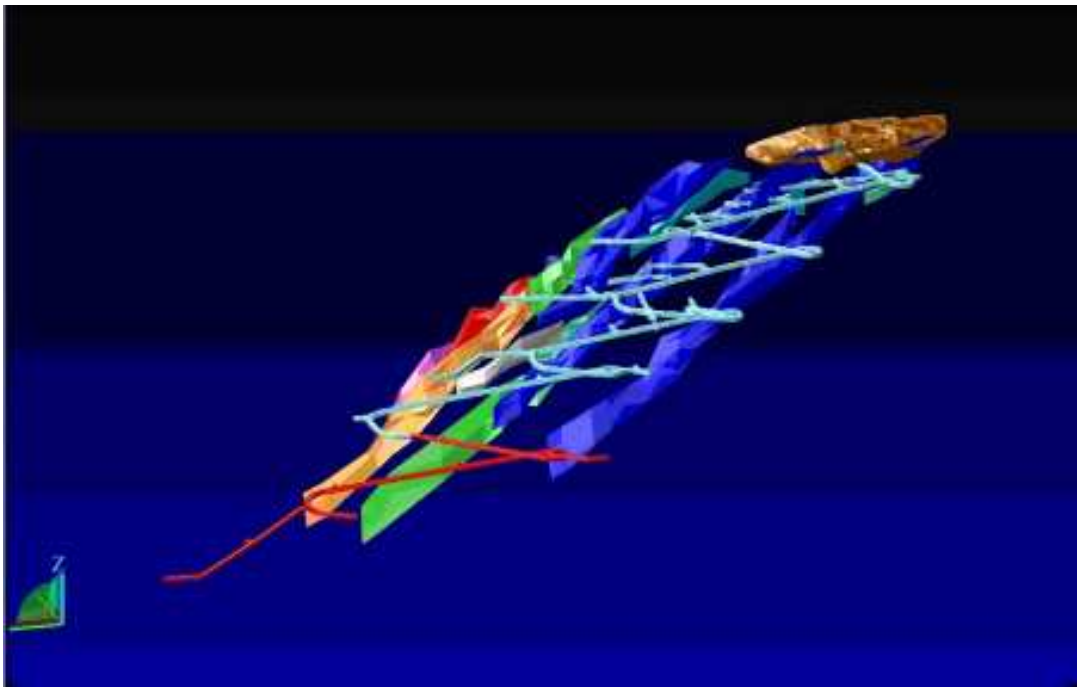
Kuvio 1. Endominesin toiminta-alueet Karjalan kultalinjalla (Endomines 2013a)

2.2. Geologia

Pampalo sijaitsee pohjois-eteläsuunnassa 40 kilometriä pitkällä Karjalan Kultalinjalla, joka on osa 300 kilometriä pitkää, Itä-Suomesta Venäjälle ulottuvaa vihreäkivivöyhykettä. Kultalinjan esiintymä on arkeinen eli noin 2800 miljoonaa vuotta vanha. (Endomines 2013a.)

Pampalossa maanalaisesti louhittava esiintymä koostuu kolmesta erillisestä suonesta. Yleisesti puhutaan N- (pohjois-), C- (keski-) ja S- (etelä-)malmeista. Malmiesiintymät tunnetaan noin 450 metrin syvyyteen asti ja mineralisaation jatkumista tutkitaan timanttikairauksilla. (Endomines 2013a; kuvio 2.)

Kultamalmiesiintymien itäpuolella on talkkiesiintymä. Talkki on pehmeä mineraali, mikä vaikeuttaa ja hidastaa huomattavasti kalliorakentamista. Talkkivyohtyöhykkeeseen ajautuneen tunnelin sortumariski on suurempi ja se vaatii huolellisempaa lujitustyötä. (geologia.fi 2014.)



Kuvio 2. Yleisnäkymä Pampalon maanalaisesta kaivoksesta ja malmiesiintymistä. (Endomines 2013b)

2.3. Työturvallisuus

Työturvallisuus on tärkeä asia kaivoksessa ja kaivosalueella työskennellessä. Jokainen kaivoksessa työskentelevä perehdytetään kaivoksessa työskentelyyn ennen työhön ryhtymistä. Työntekijöille annetaan

henkilökohtaiset suojarusteet, joita on käytettävä. Suojarustukseen kuuluvat suojalasit, kypärä ja kypärään kiinnitettävä lamppu, suojavaatetus, kovakärkiset kengät, kaivosvyö, häkämittari, pakenemislaitte ja tarvittaessa hengityssuojain. Mikäli kaivoksessa joutuu työskentelemään yksin, kun muuta kaivostoimintaa ei ole, täytyy työntekijän ottaa yhteys valvomoon kahden tunnin välein sekä lopettaessaan työvuoron. (Kokkonen 2013, 2—4; Kokkonen 2012.)

Kaivoksessa työskentelevien henkilöiden lukumäärää seurataan kulunvalvontataulun avulla. Kulunvalvontataululla on jokaisen kaivoksessa työskentelevän nimilappu. Nimilappu käännetään punaiselle kaivokseen mentäessä ja valkoiselle, kun kaivoksesta on poistuttu. Näin pystytään valvomaan, ettei kaivoksessa ole ketään räjäytystöiden aikana. Lisäksi mahdollisen onnettomuuden tapahtuessa kulunvalvontataulun avulla tiedetään arvioida pelastettavien henkilöiden lukumäärä ja sijainti. (Kokkonen 2013, 12.)

Kaivostyössä on syytä tarkkailla ympäristöään koko ajan. Tyypillisimpiä vaaratilanteen aiheuttajia ovat komut, jotka ovat kallion seinästä osittain irti olevia irtokiviä. Komuja voi ilmestyä myös alueelle, joka on aikaisemmin ollut turvallinen, sillä esimerkiksi kaivoksessa tehtävät räjäytystyöt ja vuoripaine tekevät muutoksia kallioon. Peräkatkon räjäytyksen ja kivien lastauksen jälkeen täytyy varmistaa, että räjäytetty katko on rusnattu, eli puhdistettu irtokivistä, ennen kuin sinne mennään suorittamaan muita työtehtäviä. (Kokkonen 2013, 15.)

Erityistä varovaisuutta on noudatettava louhosten läheisyydessä. Louhoksen sisälle ei ole asiaa, sillä räjäytysten myötä irtokiviä voi pudota louhoksen sieniltä milloin tahansa. Putoavat kivet voivat olla vaaraksi myös louhoksen läheisyydessä työskenteleville. Toisaalta louhoksen yläpuolella liian lähelle reunaa ei kannata mennä putoamisvaaran takia. Jos louhoksen reunalla

joudutaan kuitenkin työskentelemään, on syytä käyttää turvavaljaita. (Kokkonen 2013, 27.)

2.4. Kaivostoiminta

2.4.1. Peränajo

Peränajo on kaivoksessa tehtävää tunnelilouhintaa, minkä avulla tunnelit etenevät kohti malmia. Peränajoprosessi koostuu katkoista, eli yhdellä porauskerralla aikaan saadusta etenemästä. Prosessiin kuuluvat mittaus- ja, poraustyöt, panostus ja räjäytys, lastaus ja rusnaus (irtokivien puhdistustyöt), tienrakennus, sekä lujitus- ja varustelutyöt. Varustelutöihin kuuluvat sähkö- ja vesilinjojen rakentaminen. Näistä mittaus-, lujitus- ja varustelutyöt ovat sellaisia työvaiheita, jotka eivät yleensä ole välttämättömiä jokaisen räjäytetyn katkon jälkeen. (Lindeman 2009, 134.)

Kaivoksen tunnelit eli perät koostuvat pääväylänä toimivasta vinotunnelista, vinotunnelista lähtevistä yhdysperistä ja yhdysperistä lähtevistä louhintaperistä, jotka etenevät kohti malmia. Louhintaperät nimetään numerojärjestyksessä, niin että pohjoiseen kääntyvät perät saavat parittoman numeron ja etelään kääntyvät perät parillisen numeron. Kairausta varten tehdään myös tutkimusperiä. Myöhemmin tutkimusperät muuttuvat louhinta- ja yhdysperiksi tai erilaisiksi varastointitiloiksi. Peränajo pidetään taloudellisena pitämällä peräkoko mahdollisimman pienenä. Liian suuren peräkoon seurauksena tunnelissa joudutaan tekemään enemmän lujitustyötä ja se lisää eri työvaiheisiin, kuten poraukseen panostukseen, lastaukseen ja kuljetukseen kuluva työaika. Lisäksi ylisuuri peräkoko vaikeuttaa louhintaporausta. Peränajot ovat kaivoksessa merkittävä kustannuserä sellaisenaan, joten ylimääräisten kustannusten karsimiseen on kiinnitettävä huomiota. Peräkokoä mitoittaessa täytyy kuitenkin huomioida myös kaivoksessa käytettävän kaluston rajoitteet, sillä liian pienissä perissä työkoneilla liikkuminen on hankalampaa ja hitaampaa. (Lindeman 2009, 134.)

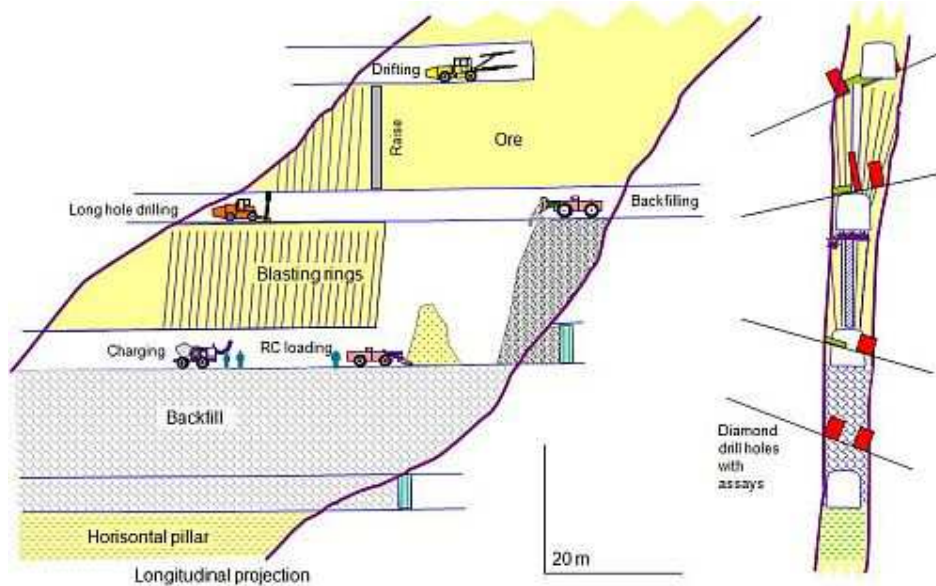
Periä ajetaan tietyllä kaltevuudella. Pampalossa vinotunnelin kaltevuus on 1:7, mikä tarkoittaa sitä että pohjakorkeus laskee metrin verran seitsemän metrin etenemällä. Taso- ja louhintaperissä kaltevuus on yleensä kaksi prosenttia yläkätisenä. 50 metrin, eli noin 11 katkon matkalla, tunnelin pohjakorkeus on tällöin noussut noin metrin. Toisinaan periä ajetaan jyrkemällä kaltevuudella tai jopa alakätisenä, jotta louhokset pystytään toteuttamaan suunnitellusti. (Lindeman 2009, 132.)

2.4.2. Louhintamenetelmät

Pampalon kaivoksessa louhintamenetelmänä käytetään yleisesti välitasolouhintaa, jossa kahden päällekkäisen louhintaperän välille avataan louhos. Välitasolouhinnassa louhokset tehdään pitkittäin tai poikittain suhteessa malmiesiintymän suuntaan riippuen esiintymän paksuudesta. Pampalossa louhokset tehdään malmin esiintymissuunnan mukaisesti pitkittäin. Louhosten koko syvyys suunnassa on noin 15—20 metriä. (Lappalainen 2009, 106.)

Louhintaporauksessa reikiä porataan merkityille louhintaleikkauksille sekä louhoksen ylätasolta alaspäin (aläkätisesti) että louhoksen alatasolta ylöspäin (yläkätisesti) riippuen louhittavan malmin ulottuvuuksista. Porattuja leikkauksia panostetaan ja räjäytetään joko yksittäisinä leikkauksia tai muutama kerrallaan louhosta varten laaditun suunnitelman mukaan. Räjäytyksen ja savujen hälvenemisen jälkeen malmi lastataan louhoksen alapuolelta. Jos kyseessä on suuri louhos, tehdään siihen useita välitäyttöjä. Täytön jälkeen louhoksessa voidaan jälleen jatkaa louhintaporausta. Toisaalta louhintaleikkauksia voidaan mahdollisuuksien mukaan porata ennakkoon. Silloin louhinta nopeutuu, koska louhoksen räjäytyksen ja tyhjäksi lastaamisen, sekä mahdollisen täytön jälkeen louhoksessa voidaan panostaa lisää leikkauksia, jotka on porattu valmiiksi. Louhintaa toteutettaessa on tärkeää, että malmikiveä riittää säännöllisesti siirrettäväksi jatkokäsittelyyn, ja samalla louhoksen tyhjänäoloaika pyritään pitämään mahdollisimman lyhyenä. (kuvio 3.)

Välitasolouhinnassa louhinta etenee alhaalta ylöspäin, eli tietyllä louhinta-alueella louhosperän alapuoli louhitaan aina ennen yläpuolta. Kun tason alapuolinen louhos on louhittu, avoin louhos täytetään ja tasolla voidaan jatkaa yläpuolella sijaitsevan malmin louhinta. (kuvio 3.)



Kuvio 3. Välitasolouhinnan periaatekuva. (Endomines 2013b)

Joissakin louhoksissa malmi louhitaan levysorroslohuintana. Kyseisessä louhintamenetelmässä poraus suoritetaan kokonaan yläkätisenä. Kyseistä louhintamenetelmää käytetään, kun louhittavan malmin yläpuolelle ei ole pääsyä. Levysorroslohuinta tavoite on, että räjäytyksen seurauksena tunnelin katto ja ylempien tasojen täyttö sortuu malmin päälle niin, ettei louhokseen muodostu tyhjää tilaa. Levysorroslohuinta voi aiheuttaa maanpintaan asti yltäviä painaumia ja lohkoliikuntoja kalliossa. Mittauksen kannalta levysorroslohuinta on ongelmallisempi, sillä siinä ei ole mahdollisuutta louhoksen kartoittamiseen, eikä louhinnan toteutumisesta suunnitelman mukaan saada vastaavaa tietoa kuin välitasolouhinnassa. (Lappalainen 2009, 117).

2.5. Kaivosmittaus ja muu mittaustoiminta yleisesti

Pampalon kaivoksen mittaustoiminnasta on pääsääntöisesti vastannut yhdestä kahteen henkilöä. Ulkopuolisia mittauspalveluita on ajoittain käytetty tarpeen mukaan esimerkiksi maastokartoituksiin ja maan päällä tehtävän malminetsinnän tarvitsemiin mittauksiin.

Kaivoksessa ja avolouhoksella käytetään paikallista kaivoskoordinaatistoa, joka on käännetty malmiesiintymien mukaiseksi helpottamaan kaivostoiminnan erilaisia suunnittelutehtäviä. Pohjoiskoordinaatti kasvaa siis malmin suuntaisesti, itäkoordinaatin kasvaessa kohtisuoraan malmiin nähden. Paikalliskoordinaatiston suuntakulma on 27,20 astetta KKJ:sta. Kaivoskoordinaatiston korkeus on sidottu valtakunnalliseen N60-korkeusjärjestelmään niin, että +250 on kaivoskoordinaatistossa z +0. Tämän seurauksena korkeus on kaivoksessa koko ajan negatiivinen lukema. Kaivoksen vinotunnelin suuaukko on tasolla -80, mistä se kasvaa negatiivisena lukemana kaivoksen vinotunnelin edetessä alaspäin. Koordinaatit ovat muotoa XXXX.XXX / YYYYY.YYY / -ZZZ.ZZZ. (Puijola 1997 , 1; Vihreäpuu 2002, 2—3)

Maanalaisen kaivosmittauksen lisäksi mittausta tarvitaan avolouhoksilla ja monissa muissa mittaustehtävissä. Avolouhoksilla mittauksia tarvitaan louhinta-alueiden merkintämittauksiin ja louhittujen alueiden kartoitusmittauksiin. Kartoitusmittauksien avulla seurataan louhinnan etenemistä ja voidaan esimerkiksi laskea louhitun malmin määriä, sekä verrata niitä ilmoitettuihin kivenajomääriin. Lisäksi kaivosmittaajan tehtäviin Pampalon kaivoksella kuuluvat erilaiset maastokartoitukset ja maastoon merkinnät, malminetsintään liittyvät mittaukset, rakennusten ja infrarakentamisen vaatimat rakennusmittaukset ja erilaiset seurantamittaukset, kuten vesialtaiden pinnan korkeuden seuranta ja malmikasojen mittaukset sekä massalaskenta.

Maanalaisen kaivoksen mittaukset tehdään Trimblen S6 -takymetrillä. Avolouhoksilla ja muissa mittauksissa käytössä on lisäksi Trimble R8 GNSS -järjestelmä. Mittaukset käsitellään kaivossuunnitteluun erikoistuneella Surpac-ohjelmalla. Lisäksi tarvittaessa käytetään AutoCADia, esimerkiksi rakennusmittausten yhteydessä.

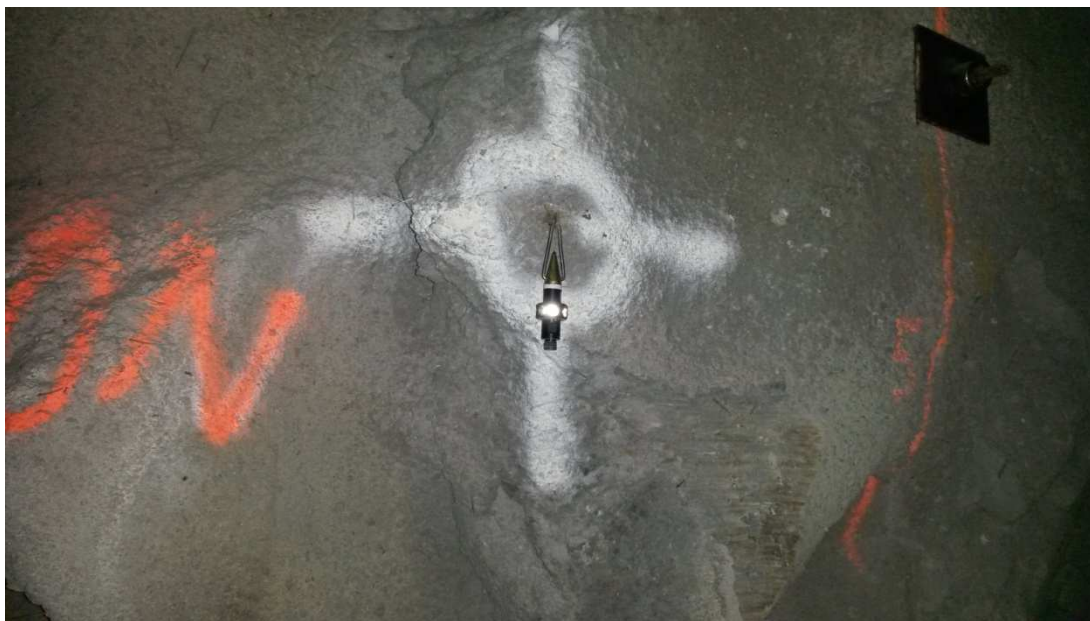
Joensuun Maanmittaustoimisto on mitannut kaivosalueelle ja sen lähiympäristöön on kiintopisteitä RTK-mittauksella Joensuun Maanmittaustoimiston toimesta. Näiden kiintopisteiden pohjalta kaivosalueelle ja kaivokseen on laajennettu käyttöpisteverkkoa päivittäisen mittauksen tarpeisiin. Osa kiintopisteistä on kuitenkin ajan kuluessa tuhoutunut muun muassa avolouhoksen laajentumisen seurauksena. (Vihreäpuu 2002, 2.)

3 MITTAAMINEN PERÄNAJOSSA

3.1. Kiintopisteverkko ja sen ylläpito

Pampalon kaivoksen kiintopisteverkkoon on kuulunut rakenteeltaan neljä erilaista pistetyyppiä, joita ovat kahdet erilaiset seinäpisteet, kattopisteet ja lähelle tunnelin pohjaa rakennetut putkipisteet. Seinäpisteen rakenne vaihtelee siihen kiinnitettävän prisman mukaan. Prismakiinnikkeenä on joko pultti tai koukku, mihin prisma ripustetaan. Kattopisteisiin prisma kiinnitetään vaijerin ja lisävarren avulla. Putkipisteitä varten kallioon on kiinnitetty pultti, johon kiinnitetään putki. Putken toiseen päähän asetetaan prisma takymetrin mittaushavaintoja varten. Kattopisteissä ja osassa seinäpisteistä on huomioitava, että prisma on varsinaisen pisteen alapuolella, jolloin myös prismakorkeuden on oltava negatiivinen.

Seinäpisteiden käyttöä puoltaa niiden helppokäyttöisyys verrattuna katto- ja putkipisteisiin. Parhaiten ehjänä säilyvät kattopisteet. Niiden käyttö on kuitenkin hidasta, ja esimerkiksi vinotunnelissa niiden käyttö aiheuttaa helposti haittaa kaivoksen liikenteelle. Sen takia ne soveltuvat parhaiten lähinnä kaivoksessa suoritettaviin tarkistusmittauksiin silloin, kun kaivoksessa ei ole muuta toimintaa. Putkipisteet ovat puolestaan alttiita tuhoutumaan liikenteessä ja kaivostunnelin huoltotöissä, esimerkiksi tunnelin ajoväylää kunnostettaessa. Myös seinäpisteet ovat alttiita vahingoittumaan, mutta niiden rakentaminen on huomattavasti nopeampaa verrattuna katto- ja putkipisteisiin, minkä takia niitä käytetään yleisimmin. Nykyään käytössä ovatkin lähinnä seinäpisteet (kuvio 4).



Kuvio 4. Tyypillinen Pampalon kaivoksen seinäpiste.

Kiintopisteitä rakennetaan tunneliin säännöllisin välimatkoin ja yhdellä kertaa useampia, yleensä 2—3 kappaletta. Kiintopisteitä kannattaa rakentaa tunnelin molemmille seinille ja tarpeeksi tiheään. Näin pisteitä on mahdollisimman usein käytettävissä. Jos pisteitä on vain tunnelin toisella seinällä tai ne ovat liian lähekkäin, jää liitospisteiden välinen kulma liian pieneksi, eikä orientointi ole välttämättä yhtä luotettava tai se ei ole edes mahdollinen. Kiintopisteet mitataan sarjahavaintomenetelmällä, että saadaan ylimääräisiä havaintoja kojeen rakenteellisten virheiden poistamiseksi.

Tarkistusmittauksia on syytä tehdä tietyin väliajoin. Erityisesti vinotunnelissa kiintopisteiden on oltava luotettavia, jotta vinotunnelista lähtevät yhdysperät ja niistä edelleen jatkuvat louhintaperät alkavat suunnitellusta sijainnista ja etenevät kohti malmia. Lisäksi kiintopisteet säilyvät paremmin vinotunnelissa, mistä on helppo aloittaa jonkin tietyn tason tarkistusmittaus. Yhdys- ja louhintaperissä kiintopisteitä tuhoutuu ja ne liikkuvat ajan myötä, joten vanhoilla kiintopisteillä mittauksia tehtäessä on mahdollista, että kulmavirheet kasvavat liikaa ja peränajon edetessä perä lähtee kaartumaan ohi malmista.

Tarkistusmittaukset tehdään joko jonomittauksena tai kolmiomittauksena. Jonomittauksen ongelma on, ettei jonoa pysty sulkemaan kaivoksessa, koska maanpinnalle on vain yksi väylä. Silloin jonomittaus jää piikiksi, eli mittausta ei pysty sulkemaan tunnetulle pisteelle. Kolmiomittauksessa virheet pystytään hallitsemaan tehokkaasti, joten käytettäessä takymetriä kolmiomittaus on varteenotettava vaihtoehto tarkistusmittauksia tehtäessä. (Laurila 2008, 271; Karppinen 2011, 6.)

3.2. Suunnan merkintä peränajoon

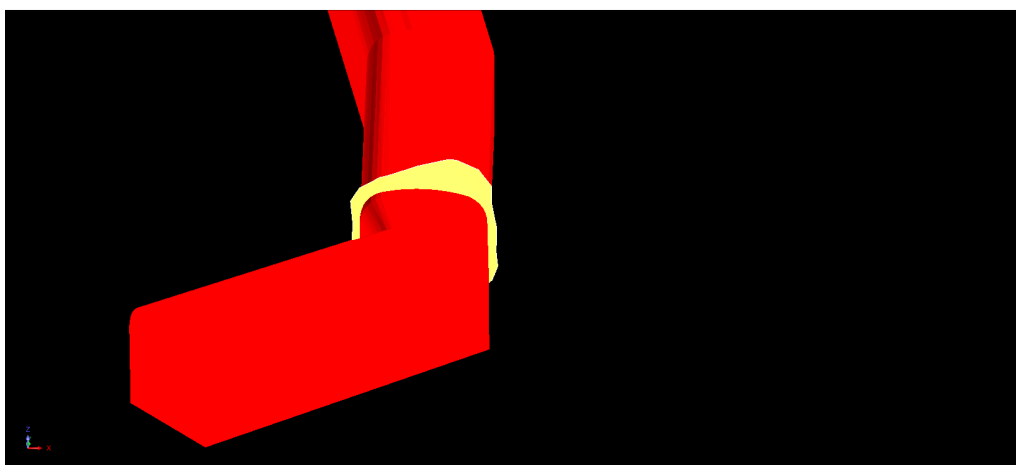
Peränajon vaatimat merkintämittaukset ovat kaivosmittauksen yleisin työtehtävä ja niitä tehdään lähes päivittäin. Merkintämittauksissa toteutetaan kaivossuunnittelijan laatimaa peränajosuunnitelmaa, joka siirretään takymetrin tallentimelle. Takymetri orientoidaan tunnelin perälle vapaan asemapisteen menetelmällä. Kojetta pystyttäessä huomioidaan työturvallisuuden ohella kiintopisteiden sijainnit ja hyvä näkyvyys tunnelin perälle.

Yleensä poraussuunnan etumerkinnäksi riittää perän päähän merkittävä pystylinja perän keskilinjaksi (KL) sekä vaakalinja, joka on jokin tietty korkotaso suunnitellusta tunnelin pohjasta. Merkittävä korkotaso vaihtelee eri kaivosten välillä. Pampalon kaivoksella korkotaso merkitään 1,5 metrin korkeuteen teoreettisesta pohjan tasosta. Suunnan takamerkin sijainti vaihtelee tilanteesta tai käytännöstä riippuen. Yleensä takasuunta lyhyen etäisyyden päähän perän seinästä tunnelin kattoon tai pohjaan. Tunnelin seinään voidaan ilmoittaa poikkeama keskilinjasta. Kattoon merkitty keskilinja säilyy yleensä pidempään, joten sitä voi hyödyntää porauksessa useamman peräkatkon ajan. (Kuvio 5.)



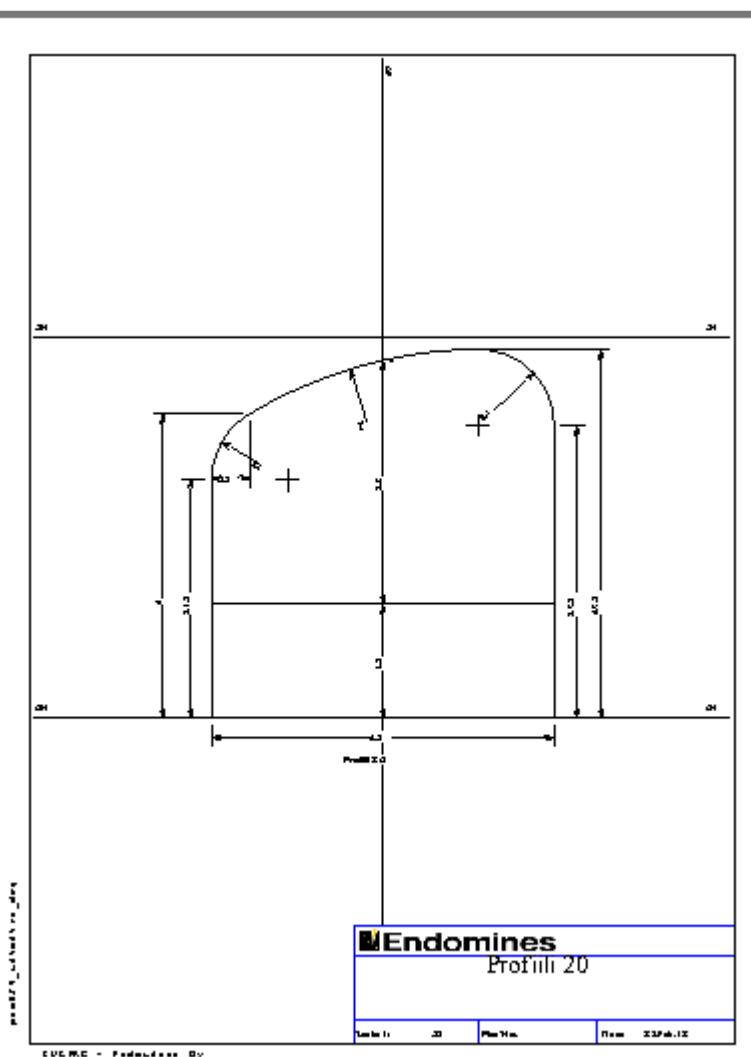
Kuvio 5. Peränajon tyypilliset porausmerkinnät.

Toisinaan pelkkä keskilinjan ja korkotason merkintä ei riitä, jos peräprofiilien koko kasvaa suuremmaksi kuin on suunniteltu. Peräprofiilien koon seurantaan ja kontrollointiin voidaan vaikuttaa melko yksinkertaisilla mittausmenetelmillä. Normaalin kartoituksen lisäksi takymetrillä voidaan kartoittaa perän poikkileikkaus mittaamalla havaintoja kojeen pysty akselin ympäri. Näin saadaan normaalia kartoitusta tarkempi peräprofiilin kartoitus, jonka pinta-ala on helposti laskettavissa Surpacilla. Profiilikartoitusta voidaan verrata myös suunniteltuun tunneliprofiiliin. Kartoitusta ja suunnitelmaa vertailua nähdään mahdolliset poikkeamat peräprofiiliin koosa. (kuvio 6.)



Kuvio 6. Kartoitettu peräprofiili (keltainen) ja suunniteltu tunneliprofiili (punainen).

Poraussuuntaa merkittäessä voidaan keskilinjan ja korkotason lisäksi merkitä myös perän seinälinjat (louhintaperässä 2,25 metriä keskilinjasta) ja profiilin maksimikorkeus (4,7 metriä pohjakorkeudesta) Yleensä jo seinälinjojen (SL) sijainnin merkitseminen on tehokas keino, jolla profiili voidaan pitää sopivassa koossa. Liian suuri peräkoko vaikuttaa negatiivisesti kustannustehokkuuteen ja vaikeuttaa myös louhintavaiheen poraustyötä. (kuvio 6; kuvio 7.)

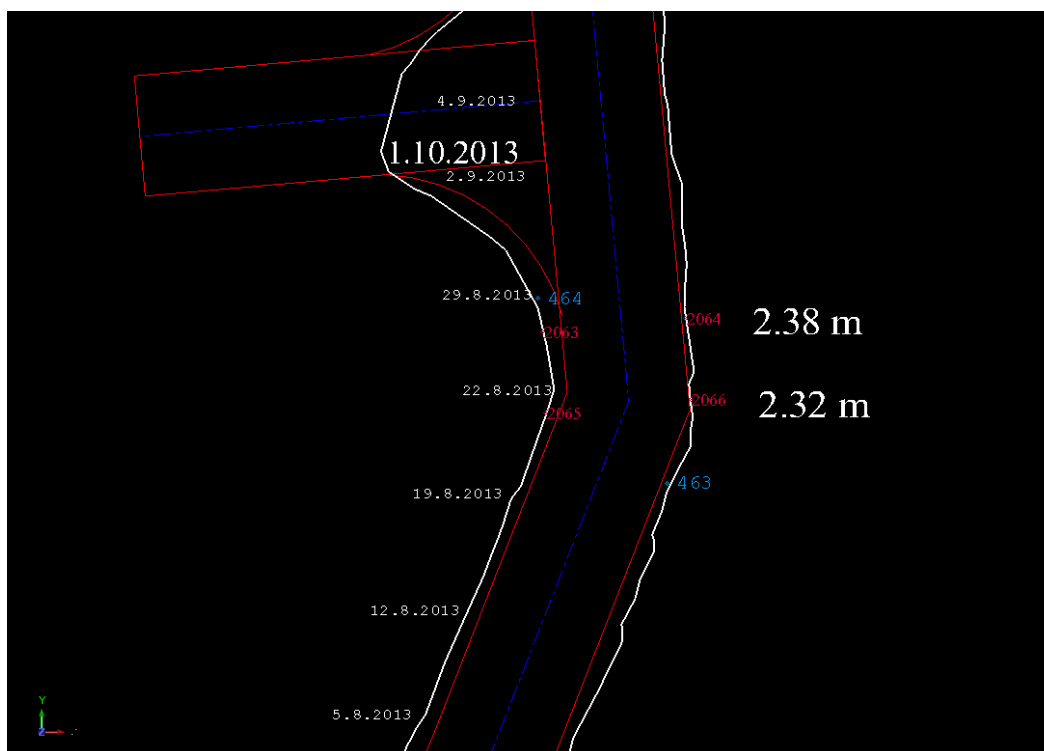


Kuvio 7. Louhintaperien poraukseen käytetty tunneliprofiili. (Romppanen 2013)

Kaivosperissä pitkät suorat ovat yleisiä ja niihin pyritään työkoneiden vaivattoman liikkumisen takia. Tämän voi ottaa huomioon myös suuntamerkitöjä tehdessä. Jos tunnelissa on tulossa useiden peräkatkojen

pituihin suora osuus, on tunneliin järkevää mitata niin sanotut suuntapisteet. Suuntapisteiden ideana on, että porari voi määrittää suunnan itse suhteellisen tarkasti annettujen eromittojen perusteella.

Suuntapisteitä rakennetaan kerralla neljä kappaletta, kaksi pistettä molemmille seinille. Etu- ja takapisteiden välimatka voi olla 2-3 metriä. Suuntapisteet kannattaa rakentaa reilun etäisyyden päähän tunnelin perästä, jotta ne säilyvät pidempään ehjinä. Keskilinjan molemmille puolille tulee tehdä kaksi suuntapistettä, eli toisella puolen erolukema on positiivinen ja toisella puolella se on negatiivinen suhteessa keskilinjaan. (Kuvio 8.)



Kuva 8. Tasokartta tunnelista, johon on rakennettu suuntapisteet (2063—2066).

Suuntapisteen sijainti määritetään ensin takymetrillä. Seinästä haetaan pintamittausmenetelmällä oikea korkeus ja sopiva paalulukema suunnitellun linjan alku- tai loppupäästä, mikä on järkevää määrittää joksikin tasalukemaksi. Määritettyyn paikkaan porataan reikä, mihin kiinnitetään

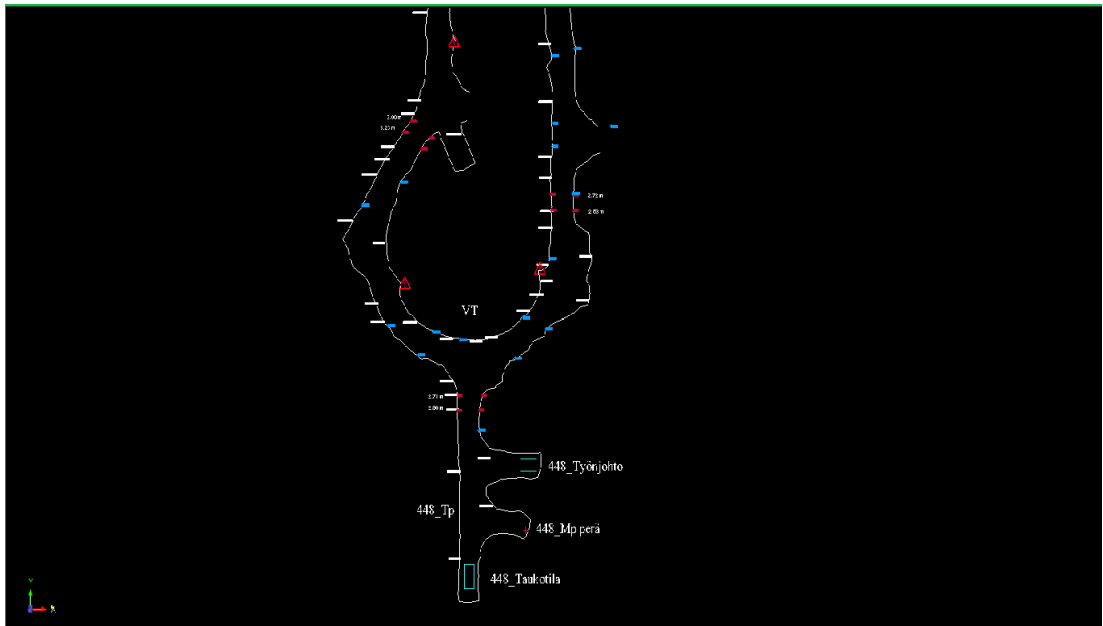
puutappi kiilaksi ja lopuksi koukku vaakatasoon. Seinälle, joka on lähempänä merkinnän mukaista keskilinjaa, merkitään poikkeamat keskilinjasta. (kuvio 8)

Porari hyödyntää pisteitä kiinnittämällä langat pisteiden välille ja hakemalla suunnan ilmoitettujen lukemien avulla. Suuntapisteiden rakennus on normaalia suunnanmerkintää pidempi työvaihe, mutta se myös vähentää huomattavasti mittauksen tarvetta kyseisessä tunnelissa. Suuntaa ei tarvitse käydä merkitsemässä jokaiselle katkole erikseen, vaan vasta useamman ajetun katkon jälkeen. Uusi suunnan merkintä on seuraavan käännöksen kohdalla, tai erityisen pitkillä suorilla (yli 30 metriä) suuntapisteiden jäädessä liian kauas perän päästä. Erityisesti vinotunnelia tehdessä suuntapisteet ovat hyödylliset, sillä se koostuu suurimmalta osin pitkistä suorista. Lisäksi vinotunnelissa on yleensä enemmän liikennettä, mikä vaikeuttaa mittausten suorittamista.

3.3. Perän kartoitus ja mallinnus

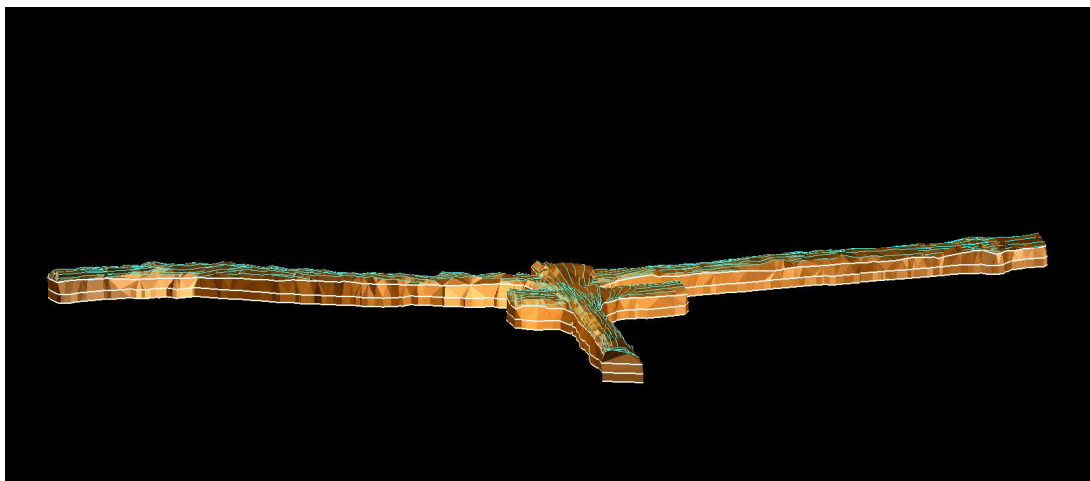
Perän kartoitus tehdään yleensä samalla, kun käydään merkitsemässä suunta uudelle katkole. Tunnelin pohja kartoitetaan seinälinjan mukaan 1,5 metriä pohjasta. Lisäksi seinä kartoitetaan ylhäältä, ennen kuin se alkaa kaartua kohti kattoa. Katto kartoitetaan pinnan skannaus -menetelmällä, jolla määritetään skannattavan alueen kolme nurkkapistettä ja pisteiden välinen tiheys. Kattokartoitusta ei välttämättä ole tarpeen tehdä jokaisella kerralla; tärkeämpää on tietää perän eteneminen.

Kartoitettu tieto siirretään tietokantaan, josta löytyvät tasokartat kaivoksen jokaiselta tasolta yhdys- ja louhosperineen. Lisäksi tiedostoihin tallennetaan muuta tarpeellista tietoa, esimerkiksi tauko- ja varastotilojen, suojapaikkojen, sähkökaappien ja muuntajien sijainnit. (kuvio 9; Liite 1.)



Kuvio 9. Kaivoksen 448-tasolta kartoitettu tieto Surpacilla.

Tunnelissa tehtyä kattokartoitusta hyödynnetään tehdessä tunnelista DTM (Digital Terrain Model) -tiedostoa. Se on kolmiulotteinen pintamalli, josta puhutaan yleisesti solidina. DTM-tiedosto koostuu pisteiden ja viivojen välille muodostuvista kolmioista, jotka tehdään joko määrittelemällä kolmioitava alue manuaalisesti tai Surpac -kaivossuunnitteluohjelman erilaisilla automaattitoiminnoilla. Kartoitusta on yleensä tarpeen siistiä ennen solidin muodostusta mallinnuksen helpottamiseksi. Toisaalta, jos kartoitus on tehty osittain jo aiemmin kartoitetulta alueelta, voivat uusi ja vanha tieto olla keskenään ristiriitaisia. Tunnelin muodot muuttuvat ajan myötä erilaisten toimenpiteiden, kuten levitys- tai korotusräjäytysten tai ruiskubetonoinnin seurauksena. Tunnelin kolmiulotteista mallia käytetään erityisesti louhossuunnittelussa. Hyvin tehty ja ajantasainen solidi louhintaperistä on edellytys louhintaporausreikien suunnittelulle. (Kuvio 10.)



Kuvio 10. Seinä- ja kattokartoituksista muodostettu kolmiulotteinen malli yhdys- ja louhintaperistä

Perien kartoitusmittauksia hyödynnetään myös kuukausimittauksessa, eli kuukausittain tehtävässä yhteenvedossa kertyneistä perämetreistä. Lisäksi kuukausimittaukseen lasketaan mukaan tunneleihin tehdyt levitykset ja kattokorotukset halutun alueen tilavuuden avulla. Tilavuus saadaan kartoituksesta tehdystä solidista. Kuukausimittausta käytetään myös urakoitsijan laskutuksen perusteena, mikäli urakoitsija on osallistunut peränajoon. (Liite 2.)

4 GEOLOGIAAN LIITTYVÄT MITTAUKSET

4.1. Kairauskohteiden merkintämittaus

Louhinnan suunnittelu edellyttää monipuolisia ja tarkkoja tietoja tulevista louhintakohteista. Louhintakohteiden selvityksiin kuuluvat mm. uuden malmin etsintä, malmin tarkan sijainnin, asennon, koon ja laadun määrittäminen. Vinotunnelin suorien pituutta suunniteltaessa on tärkeää tietää malmin sijainnit ja ulottuvuudet. Näin vinotunnelin suorat voidaan määrittää oikean pituisiksi yhdysperiä ja niistä lähteviä louhintaperiä varten. (Särkkä & Suomela 2009, 33)

Malmin ominaisuuksia ja ulottuvuuksia pystytään selvittämään timanttikairausten avulla. Kairausreiät ovat pitkiä, useista kymmenistä metreistä jopa yli sataan metriin. Sen takia niiden merkintä vaatii tarkempaa mittauksia, kuin muut kaivoksessa tehtävät tavalliset merkintämittaukset.

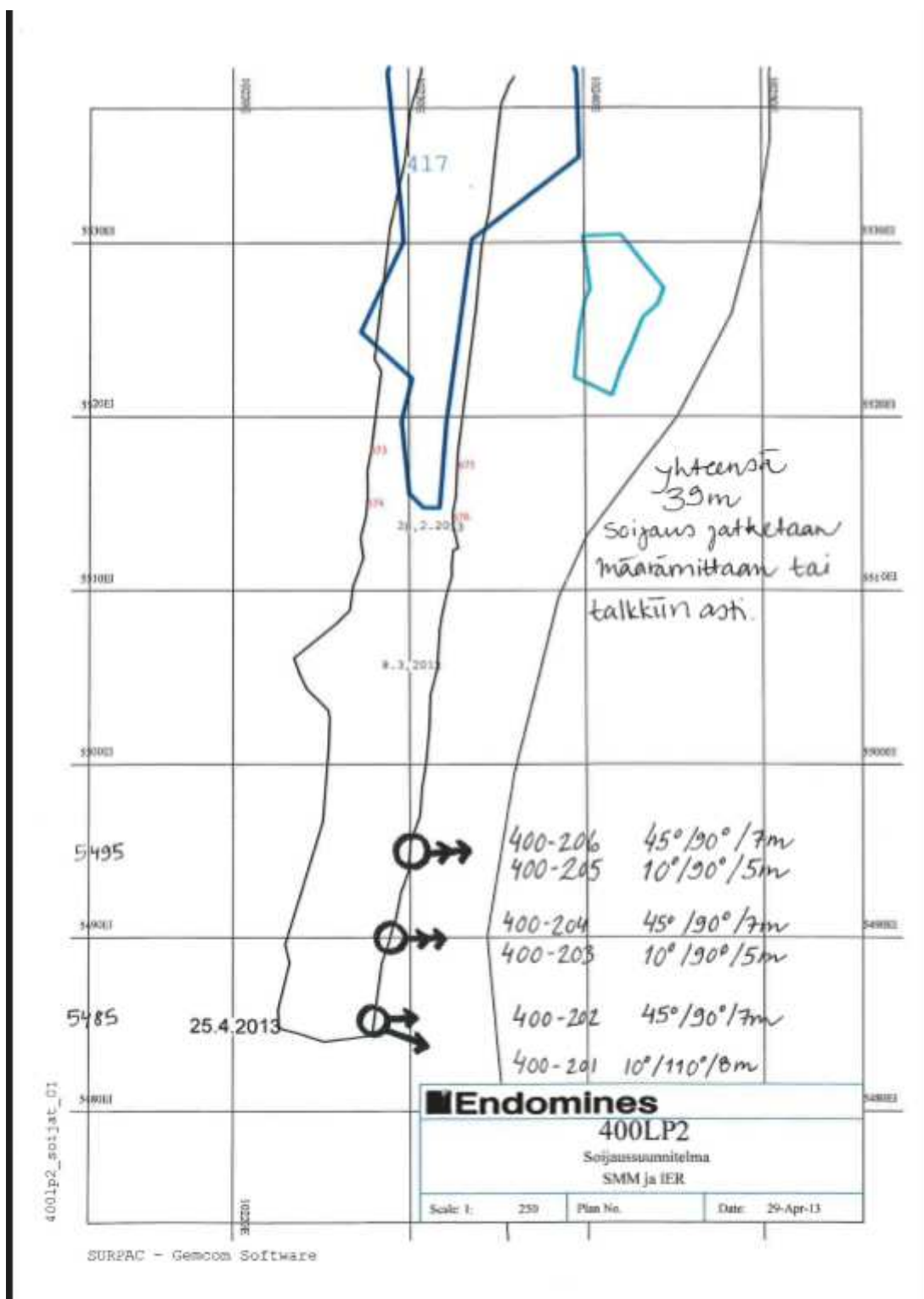
Geologi suunnittelee kairaleikkaukset haluttuun profiiliin tasaisin välimatkoin, esimerkiksi 10 metrin välein. Kairaleikkauksen merkintään vaaditaan etu- ja takamerkki. Merkintä tehdään peränajoon rakennettavia suuntapisteitä vastaavalla tavalla, eli seiniin kiinnitetään koukut, ja koukkujen väliin kiinnitetyn langan avulla määritetään kairaussuunta.

Yleensä kairaleikkaukset suunnitellaan suorakulmaisena kohti malmia, jolloin suunnittelussa voidaan hyödyntää itä- tai pohjoisprofiileja ilmoittamalla, mille profiilille kairaus halutaan suoritettavaksi. Seinään merkitään kyseinen profiili ja kairareikien numerot. Toisinaan jonkin profiilin tutkiminen vaatii kairauksen suorittamista vinottain profiiliin nähden. Tällöin on syytä merkitä myös kairaussuunnan astelukema seinään.

4.2. Soijaporauskohteiden merkintämittaus

Soijaporaus on tunneleissa tehtävää tutkimusporausta, jolla määritellään jo tunnetun malmin sijaintia ja ulottuvuuksia tarkemmin tai tutkitaan talkkiesiintymän sijaintia peränajon suunnittelua varten. Kairaukseen verrattuna soijaporaus on nopeampi keino, ja sitä pystytään tekemään louhintaporauskalustolla. Soijaporausessa porattavat reiät ovat lyhyitä, noin kymmenen metrin pituisia. Soijaporausmerkinnät eivät vaadi siksi yhtä tarkkaa sijainnin määrittystä kuin kairareivät.

Merkinnät tehdään geologin suunnitelman mukaan. Käytännöt suunnitelman laatimisessa voivat vaihdella jonkin verran. Suunnitelma voi muistuttaa kairaussuunnitelmaa, jossa ilmotetaan profiilit, jossa poraus suoritetaan. Porauskulman ja kallistuksen määrittäminen jää tässä tapauksessa porarin vastuulle. Porausreikien sijainnit voidaan suunnitella myös yksityiskohtaisemmin ja ne voidaan piirtää suunnitteluohjelmalla, jolloin tutkimusreikien suuntakulmat saadaan sekä merkittyä että porattua tarkemmin. Lisäksi seinälle merkitään soijaporausreikien järjestysnumerot. Näiden merkintöjen ja geologin laatiman suunnitelman pohjalta soijaporaus onnistuu. (Kuvio 11.)



Kuvio 11. Louhintaperään laadittu soijaussuunnitelma. (Eriksson & Romppanen 2013)

4.3. Kaira- ja soijareikien tarkistusmittaukset

Kaira- ja soijareikien mittaukseen käytetään samaa menetelmää. Porattuun reikään asetetaan putki, johon on kiinnitetty esimerkiksi kaksi prismatarraa tietylle linjalle. Putkeen kiinnitetyistä prismatarroista mitataan havainnot takymetrin pintamittaus-menetelmällä, jolloin saadaan selville reiän sijainti tunnelissa sekä reiän lähtösuunta ja kaltevuus.

Mittausten käsittelyssä poratuille rei'ille lasketaan reikien suunnat ja kaltevuudet. Tiedot listataan yhdessä poratun reiän lähtökoordinaattien kanssa ja tallennetaan tietokantaan geologien jatkokäsittelyä varten. Mittaustiedot yhdistetään soijaporauksista ja kairauksista saatuihin laboratorioanalyysiin ja tuloksiin, minkä avulla pystytään selvittämään tutkittavan malmin pitoisuuksia ja ulottuvuuksia. (Liite 3.)

Kairareikien lähtösuunnan mittaustulosten lisäksi rei'ille tehdään myös taipumamittaus, jonka suorittaa kairausurakoitsija. Kairareiät saattavat taipua huomattavasti kairauksen aikana sekä sivuttais-, että pystysuunnassa, joten kairareiän etenemä saadaan selville vain yhdistämällä lähtösijainnin ja -suunnan mittaus sekä taipumamittaus. (Liite 4.)

5 LOUHINTAVAIHEEN MITTAUKSET

5.1. Merkintämittaukset louhintaporaukseen

Kun päällekkäisten louhintatasojen peränajo on saatu valmiiksi, voidaan louhintaperissä siirtyä tuotantovaiheeseen eli louhintaan. Louhintaporaus vaatii merkintöjä, että louhinta olisi mahdollisimman tarkkaa. Louhiessa pyritään mahdollisimman pieneen malmitappioon, eli malmipitoinen kivi yritetään saada irrotettua mahdollisimman tarkasti. Samalla yritetään välttyä raakkulaimennukselta, eli malmipitoisuudeltaan huonon kiven joutumiselta malmin sekaan.

Louhintaa varten tehtäviä merkintöjä on erilaisia. Merkintöihin vaikuttavat esimerkiksi louhinnassa käytettävä kalusto ja merkintöjen sijainti suhteessa louhokseen. Louhintaporaukseen vaadittavia merkintämittauksia tehdään yleensä viikottain. Yhdellä mittauskerralla on suositeltavaa tehdä mahdollisimman paljon merkintöjä, ettei porausta tarvitse keskeyttää jatkuvasti merkintöjen ajaksi. Toisaalta jos louhoksessa on suoritettu jo räjäytyksiä ja louhos on avoinna, on työskentely aina riskialttiimpaa.

5.1.1. Merkinnät yläkätiseen poraukseen

Louhos avataan tekemällä avausnousu, jonka tehtävänä on luoda tilaa louhoksesta irti louhittavalle malmille. Yläkätisen nousun porausta varten nousu on merkittävä tunnelin kattoon. Pampalon kaivoksella nousut ovat 2*2 metrin kokoisia, joten kattoon merkitään 2*2 metrin neliö hakemalla nurkkapisteet tunnelin katosta. Poraustyön helpottamiseksi voidaan lisäksi merkitä esimerkiksi nousun keskikohta sekä reunalinjojen keskikohta. Lisäksi nousun kohtaan, tunnelin seinille, tehdään seinämerkinnät porausvaunun navigoinnin helpottamiseksi. (kuvio 12.)

Avausnousun jälkeen louhosalueelle merkitään louhintaleikkaukset. Leikkaukset merkitään tunnelin seiniin, pystyviivoin tunnelin molemmin puolin

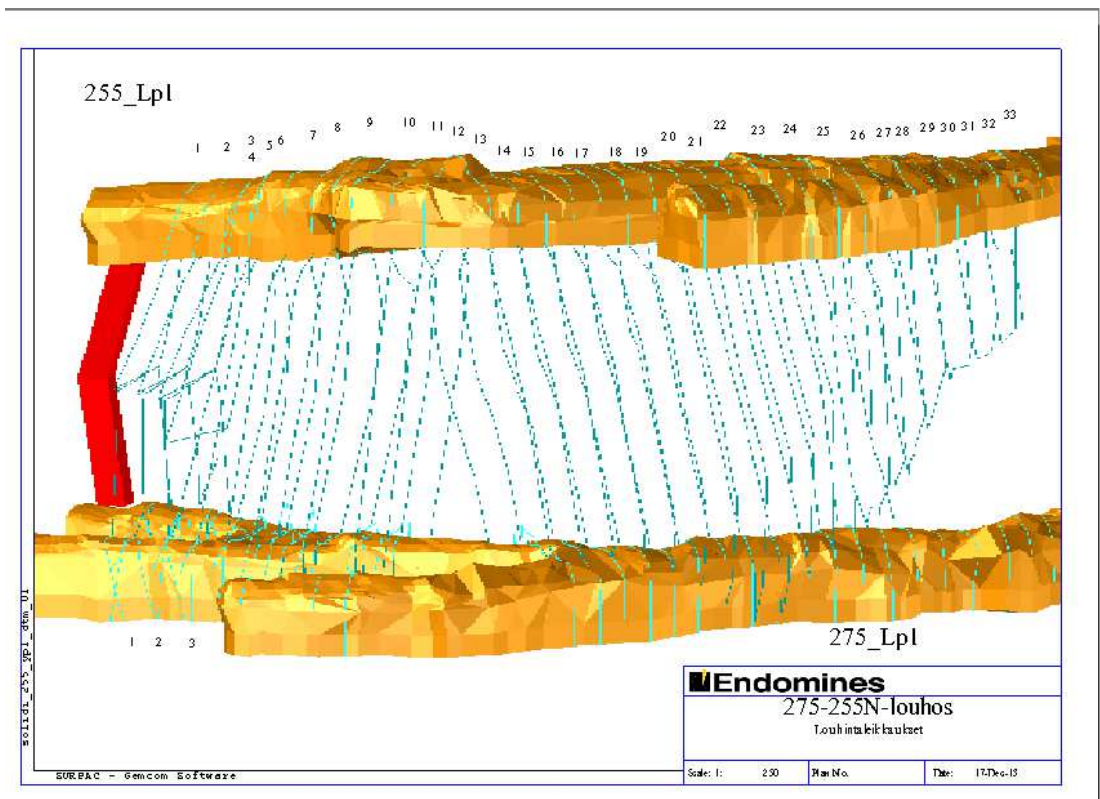
tunnelia valitun leikkauksen kohtaan. Seinään kirjataan myös leikkauksen numero, jonka mukaan porari valitsee oikean porauskaavion, josta käyvät ilmi porattavien reikien määrä kyseisellä leikkauksella sekä reikien pituudet ja kaltevuudet. (kuvio 13; liite 5.)

Yläkätiseen leikkaukseen merkitään yleensä myös porattavien reikien lähtösijainnit tunnelin kattoon. Vaihtoehtoisesti voidaan merkitä pelkästään louhoksen keskilinja, minkä avulla porari navigoi porauslaitteiston porattaville rei'ille. Porausreikien merkintää varten tallentimelle siirretään suunnittelijan piirtämät leikkaukset ja leikkauksille kuuluvat reiät. Reikien merkkaukseen käytetään piste janalle -merkintätapaa. Tällä merkintätavalla koje ilmoittaa lasertähtäimen sijainnin suhteessa reiän lähtöpisteeseen. (kuvio 14; kuvio 15.)

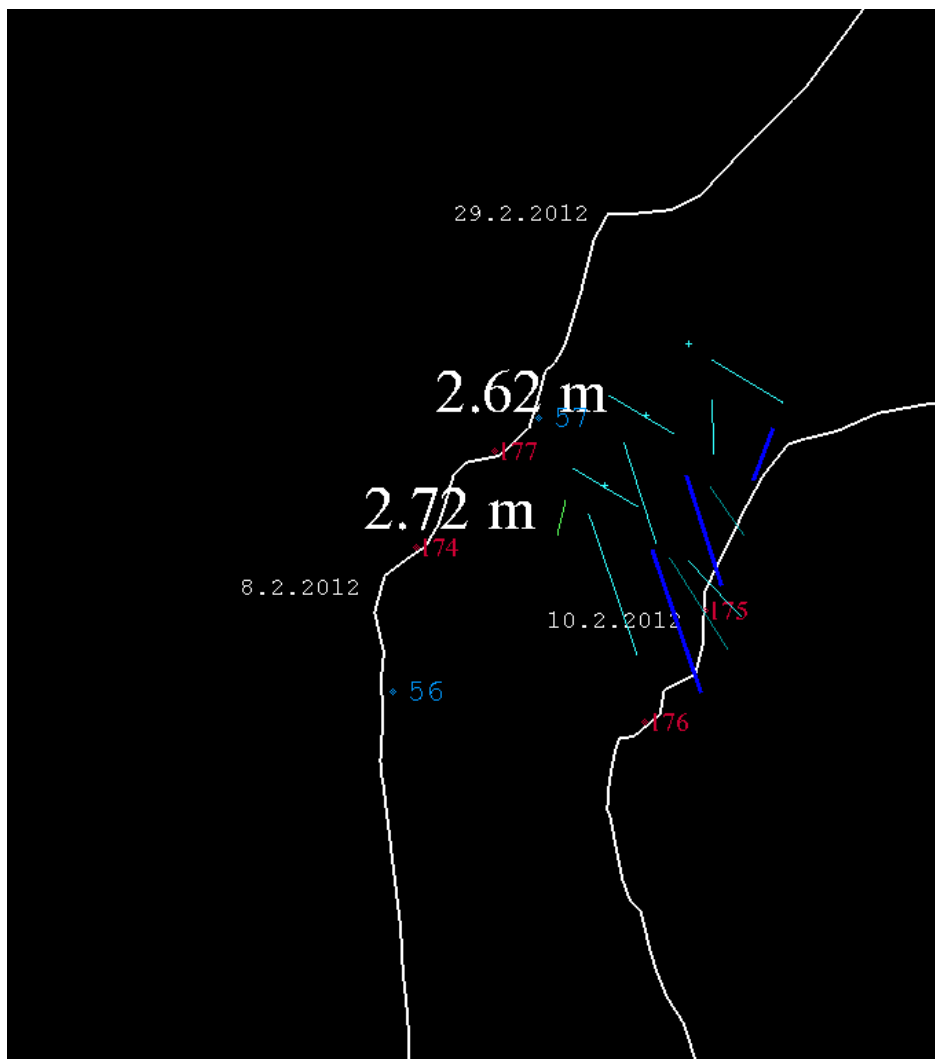
Ongelmia porausreikien merkinnässä voi aiheuttaa suunnittelussa käytetyn kartoitustiedon vanhentuminen. Esimerkiksi seiniin tulevien reikien paikat voivat vääristyä, jos tason alapuolta louhiessa tunnelin seinälinjat ovat muuttuneet räjäytysten seurauksena. Toisaalta tunneliin on voitu tehdä muutoksia tarkoituksella, esimerkiksi korotuksia tai levityksiä. Silloin koje ei pysty antamaan reiän oikeaa lähtösijaintia, ja kojeen käyttäjä joutuu arvioimaan sijaintia itse. Louhinta-alueesta onkin hyvä tehdä kartoitus ennen louhoksen tarkempaa suunnittelua. Mittaukseen liittyvien ongelmien lisäksi vanha kartoitustieto vaikuttaa myös suunnitteluun. Esimerkiksi tunnelin kattoon tehdyn korotuksen jäädessä kartoittamatta, suunnitellaan porausrei'istä mahdollisesti liian pitkiä.



Kuvio 12. Merkitty ja porattu yläkätinen avausnousu.



Kuvio 13. Yleisnäkymä tasojen 275 ja 255 välisestä louhoksesta. (Romppanen 2013.)



Kuvio 14. Louhintaleikkausten (turkoosi) ja louhintareikien (turkoosi, sininen, vihreä) sijainnit tunnelissa ylhäältä päin katsottuna.

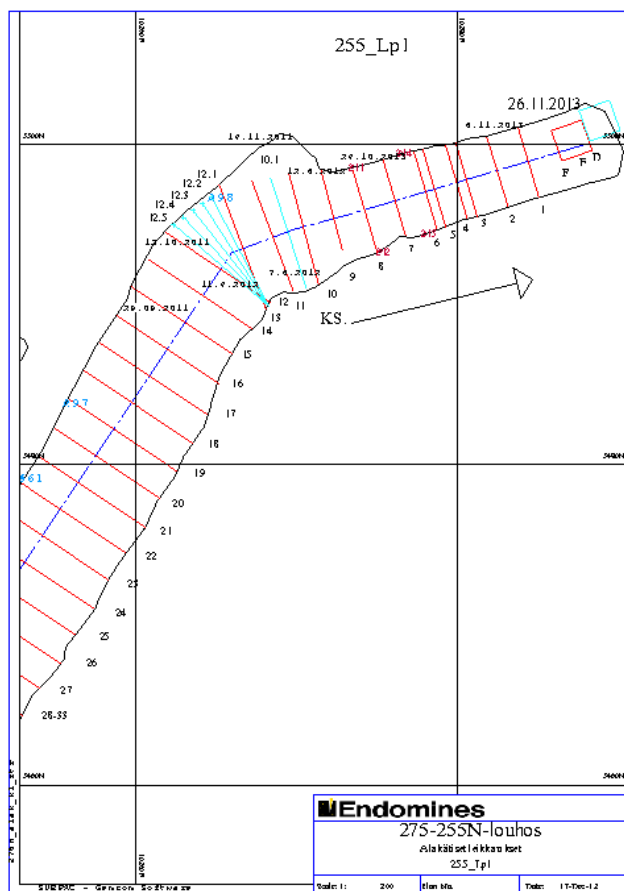


Kuvio 15. Yläkätisten louhintaporausreikien merkintää (1) ja merkittyjä louhintareikiä (2-5).

5.1.2. Merkinnät alakätiseen poraukseen

Alakätiseen poraukseen tehtävät merkinnät koostuvat kahdesta erilaisista merkinnöistä. Tunnelin seiniin merkitään pystyviivat suunnittelijan suunnittelemien leikkausten mukaan, aivan kuten yläkätistä porausta varten. (Kuvio 16.)

Leikkausten lisäksi alakätistä porausta varten merkitään louhintaleikkausten keskilinja. Keskilinja merkitään joko tunnelin kattoon tai seinään noin kolmen metrin välein, vähintään keskilinjän taitelinjoihin. Porattavien reikien sijainti ilmoitetaan porauskaaviossa etäisyytenä keskilinjasta. Porari voi laserin avulla määrittää keskilinjän sijainnin tunnelin pohjaan ja sen perusteella porausreikien sijainnit laseria tai mittanauhua käyttäen.



Kuvio 16. Karttakuva louhoksen alakätisistä louhintaleikkauksista ja avausnoususta (D-, E- ja F-leikkaukset). (Rompanen 2013)

5.2. Louhosten kartoitus ja mallinnus

Kun louhoksessa on räjäytetty poratut louhintaviuhkat ja louhos on lastattu tyhjäksi, voidaan se kartoittaa ennen louhoksen väli- tai lopputäyttöä. Louhoskartoituksen avulla voidaan tutkia, kuinka louhinta on toteutunut. Pampalon kaivoksella louhoskartoitukset tehdään takymetrin skannausmenetelmällä, vaikkakin laserkeilainten käyttö on nykyään hyvin yleinen työväline kaivosten ja muiden tunnelityömaiden kartoituksessa nopeuden ja tiedon määrän ansiosta.

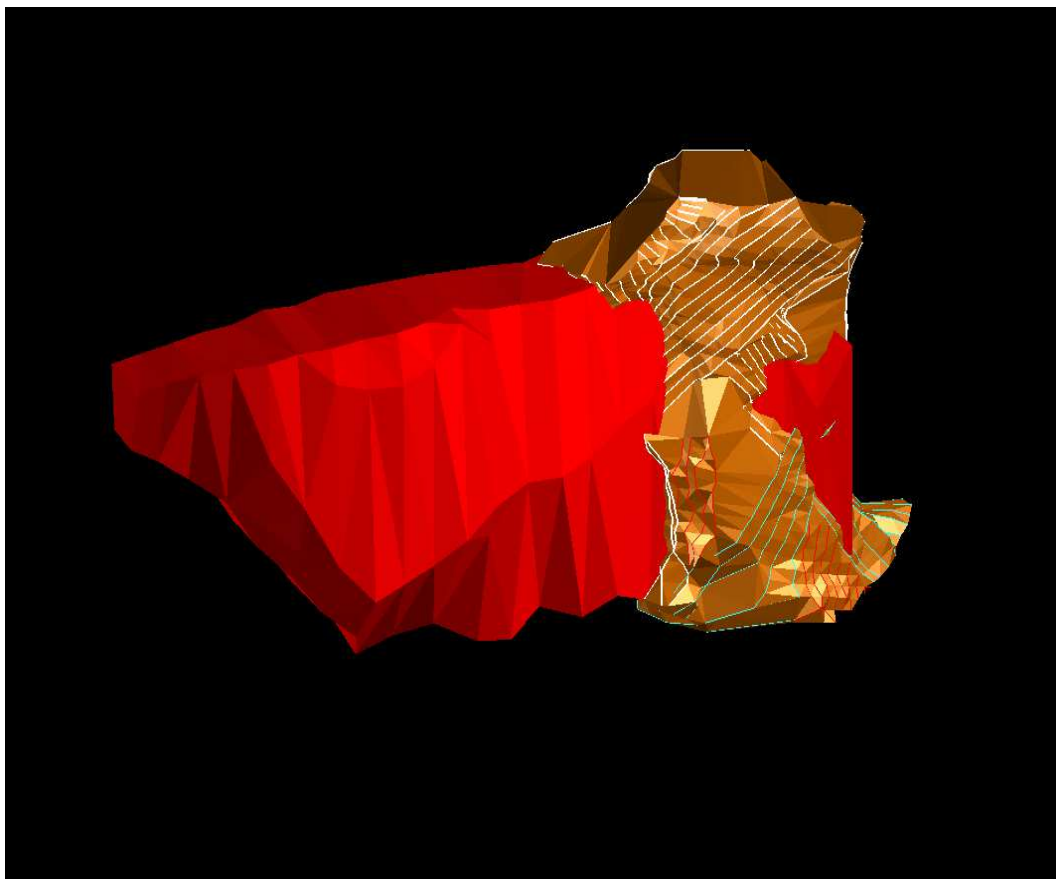
Paras kartoitustulos takymetriä käytettäessä saadaan, kun louhos kartoitetaan sekä ylä- että alapuolelta. Louhoksen alapuolella kojetta ei voi pystyttää louhokseen mahdollisten putoavien irtokivien takia. Toisaalta louhoksen yläpuolella kojetta ei voi pystyttää liian lähelle reunaa. Kartoituksen lopputulos on vielä parempi, jos louhos päästään kartoittamaan vastakkaisilta puolilta, esimerkiksi ylhäällä louhoksen eteläpuolelta ja alhaalla louhoksen pohjoispuolelta. Näin louhokseen ei jää pimeitä kulmia. Yleensä louhinta toteutetaan kuitenkin niin, että se aloitetaan louhintaperien päistä ja siirrytään kohti yhdysperiä malmiesiintymien mukaisesti, jolloin louhoksen taakse ei ole mahdollisuutta mennä. (Kuvio 17.)

Louhoksen kartoitus tehdään lähes kokonaan pinnan skannaus - menetelmällä, missä koje kartoittaa pintoja määritetyn alueen mukaisesti. Kartoitusalue rajataan mittaamalla skannattavan alueen kolme nurkkapistettä ja syöttämällä välimatkat pysty- ja vaakasuunnassa, minkä mukaan havaintoja tallenetaan. Kohteen etäisyydestä ja kojeen sekä kohteen välisestä kulmasta riippuen skannaus ei kuitenkaan toteudu läheskään aina halutulla pistetiheydellä. Takymetrin skannauksella kartoittamatta jää lähes aina joitain osia louhoksesta, yleensä kojeaseman puoleinen seinämä. Kartoittamalla manuaalisesti louhoksen reunat ylä- ja alapuolelta saadaan kuitenkin näkemys seinämän muodosta, vaikkei sitä pystyttäsikään kartoittamaan tarkemmin. Vähemmästäkin kartoitusaineistosta voi olla hyötyä erityisesti välitäyttöjä edeltävissä kartoituksissa. Kartoituksen avulla voidaan

tarkkailla louhoksen seiniä ja vertailla sitä louhintasuunnitelmaan. Mikäli louhos on suunniteltua leveämpi tai kapeampi, voidaan louhoksen poraus- ja panostussuunnitelmiin tehdä muutoksia louhoksen loppuosalle. (Kuvio 18.)



Kuvio 17. Kartoitettu louhos, josta on muodostettu kolmiulotteinen malli Surpacilla.



Kuvio 18. Suunnitellun louhoksen ja louhosskannauksen vertailua.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä on käyty läpi kaivostoiminnan ja kaivosmittauksen eri vaiheita maanalaisen kaivoksen toiminnassa. Työn alkuvaiheessa pohdittiin suoraan louhintavaiheen mittauksiin kohdistuvia ratkaisuja, joilla voitaisiin parantaa louhinnan tarkkuutta ja siten myös taloudellisuutta. Työn edetessä on kuitenkin käynyt hyvin selväksi, ettei pelkästään louhintavaiheen mittauksilla pystytä vaikuttamaan louhintatarkkuuden kehittämiseen. Huomiota täytyy kiinnittää myös muihin kaivosmittauksen vaiheisiin.

Vaikka kaivosmittaus ei yleisesti ole erityisen tarkkoja mittauksia vaativaa työtä verrattuna esimerkiksi rakennusmittauksiin, on selvää, että myös kaivosmittaukset on tehtävä huolellisesti ja tiettyjen toleranssien mukaan. Tätä tavoitetta auttaa huomattavasti kiintopisteverkon säännöllinen ylläpito ja tarkastelu, eli tarkistusmittaukset. Näin mittaukset pysyvät luotettavina ja niiden hyöty kaivossuunnittelun ja geologisen tutkimuksen näkökulmasta pysyy merkittävänä.

Peränajon yhteydessä mittauksen merkitys hieman vaihtelee. Kun ajetaan pitkiä suorja, on porarin huomattavasti helpompaa navigoida porausvaunu itse tarkkuuden pysyessä edelleen hyvänä. Kartoituksia on kuitenkin syytä tehdä säännöllisesti. Näin pystytään varmistamaan, että peränajo pysyy varmasti suunnitelman mukaisena, eikä perä ole lähtenyt suistumaan suunnitelmasta sivuun tai ohittanut käännöstä. Suunnitelmasta sivuun ajautunut perä vaatii yleensä korjauslevityksen, mikä hidastaa toimintaa kyseisen perän kohdalla. Levityksen seurauksena perään voi myös tulla suunniteltua jyrkempi tai ylimääräinen käännös, mikä hidastaa erityisesti lastaustoimintaa peränajovaiheessa sekä myöhemmin louhintavaiheessa. Toisinaan ohiajetun perän kohdalla kaivosmittaajan kannattaakin tarkastella, olisiko korjauksen tekeminen mahdollista ilman levitystä. Peränajosuunnitelmasta voidaan valita jokin tavoitepiste, jota kohti perää lähdetään ajamaan ja minkä mukaan suunnat merkitään. Näin peränajoa nopeutetaan eikä perään tule ylimääräisiä hidasteita. Tärkeintä on huomioida

malmien sekä talkkivyöhykkeen sijainnit. Jos suuntaa korjaamalla perä ajautuu ohi malmista tai talkkiin, se ei ole enää kannattavaa. Ratkaisuja hakiessa tulee tehdä yhteistyötä kaivoksen työnjohdon, kaivossuunnittelijan ja geologien kanssa.

Kiven laatu on hieman erilaista eri alueilla, mikä vaikuttaa myös peränajoon. Jos kivi on laadultaan pehmeää, ryöstäytyy peräkoko helpommin kuin kovassa kivessä. Merkitsemällä perään keskilinjan lisäksi seinälinjat voidaan jo hyvin tehokkaasti rajoittaa peräkoon ryöstäytymistä liian suureksi.

Kun ajettava perä on kaltevuudeltaan jyrkkä, voidaan perän päähän merkittävän korkolinjan lisäksi merkitä myös perän seinille tavoiteltavaa korkoa. Tämä auttaa poraria hahmottamaan tilanteen paremmin. Erityisesti vinotunnelia ajettaessa tämä on hyödyksi. Lisäksi siitä on hyötyä myös louhosperä ajettaessa, varsinkin jos kaltevuus on normaalista kahdesta prosentista poikkeava. Pohjakoron korjaus voi pahimmillaan viedä yhden työvuoron ajan työaika.

Peränajoa käsittelevässä luvussa on mainittu, mihin ylisuuri peräkoko vaikuttaa. Laskettaessa louhoskatelaskelmaa louhintaan liittyviin kuluihin lasketaan myös peränajoon liittyvät kulut. Erityisesti louhintaperien koon hallitsemista voidaan pitää louhinnan taloudellisuuden kannalta merkittäviä.

Kaivoksen nykyiseen käytäntöön louhintavaiheen merkintämittauksissa ei merkittäviä uudistuksia tai parannuksia voida juurikaan tehdä. Ennen louhintaa on tärkeää kartoittaa louhosperä louhinta-alueelta niin, että suunnittelijalla on käytössään ajantasaista tietoa tunnelista. Suunnittelutyön lisäksi se helpottaa myös porausmerkintöjen tekemistä.

Alakätistä louhintaa varten merkintöjä voitaisiin tehdä myös tunnelin pohjaan, mutta yleensä merkinnät käydään tekemässä hyvissä ajoin ennen porausvaihetta, ja silloin pohjassa olleet merkinnät olisivat jo todennäköisesti kadonneet. Toisaalta merkinnät voidaan tehdä riittävällä tarkkuudella mittanauhan ja karttakuvan avulla, jos läheltä löytyy esimerkiksi yksi louhintaleikkaus ja louhoksen keskilinja, jotka on merkitty takymetrillä.

Yläkätisessä louhinnassa merkittävät louhintareikien sijainnit takaavat louhinnan tarkkuuden riittävästi. Yleensä merkitään kaikki porattavat reiät. Mikäli kaikkia porausreikiä ei jostain syystä merkitä, tulisi asiasta aina ilmoittaa porarille tai työnjohdolle. Näin vältetään väärinkäsityksiltä porattavan reiän suhteen, mikä voisi aiheuttaa malmitappiota tai raakkulaimennusta reikien jäädessä liian lyhyeksi tai liian pitkiksi.

Mikäli louhintaporausreikien suuntauksen tai kaltevuuden epäillään olevan virheellisiä, voidaan porattuja reikiä tarkistusmitata samalla tavoin kuin kaira- ja soijaporausreikiä. Pampalon kaivoksella tällaisia toimenpiteitä on joskus suoritettu Aikataulullisista syistä kyseisten tarkastusmittausten suorittaminen on kuitenkin vaikeaa. Toisaalta huolellisesti tehdyt merkintämittaukset ja kalibroitu porauslaitteisto takaavat sen, että porausreikien suunnat ja kaltevuudet ovat suunnitelmien mukaiset.

Louhoskartoituksessa käytettävä takymetri asettaa rajoitteet kartoitustyölle, ja louhosta saadaan harvoin täysin kartoitetuksi. Toistaiseksi kartoitustulokset ovat kuitenkin sellaisia, että niitä voidaan hyödyntää louhinnan toteutumista seurattaessa. Louhoskartoituksiin liittyy ajoittain aikataulullisia ongelmia. Louhoksen lastaus saattaa venyä esimerkiksi yövuoroon tai viikonloppuun, siis ajankohtiin, kun kaivosmittauksesta vastaavaa henkilöstöä ei ole paikalla. Louhokset pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti täytetyksi sen jälkeen, kun ne on lastattu tyhjäksi, joten toisinaan kartoitus joudutaan jättämään väliin. Toisaalta jos louhinnan nähdään onnistuneen suunnitellusti, ei kartoituksella ole niin suurta merkitystä, ja louhostäyttö kannattaa aloittaa

aikataulussa pysymiseksi. Erityisen tärkeää louhoksen kartoitus on silloin, kun louhinnan koetaan jollain tavoin epäonnistuneen. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi huonosti lähtenyt leikkaus räjäytyksessä tai huomattavasti ryöstöä aiheuttanut räjäytys.

Kaivosmittaukset ovat tärkeitä kaivostoiminnalle laadun hallinnassa ja laadunvarmistajana. Louhintatyön tekeminen ilman mittauksia olisi epäluotettavaa, sillä mittauksilla tuotettu tieto on välttämätöntä sekä louhinnan että geologisen tutkimuksen suunnittelulle. Toisaalta laadituista suunnitelmista ei olisi juurikaan hyötyä, mikäli niitä ei voisi viedä luotettavin menetelmin työkohteisiin. Jo nopeilla ja vaivattomilla merkintämittauksilla voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä, ja toisaalta erilaisten kartoitusten avulla kaivostoiminnan kustannustehokkuutta pystytään kontrolloimaan.

Samalla kun työssä on pohdittu kaivosmittauksen hyötyjä louhintaan, tarjoaa työ myös laaja-alaisesti tietoa kaivosmittaustoiminnasta. Kuten monilla muillakin aloilla ja muissa työtehtävissä, myös kaivosmittauksissa toimintatavat vaihtelevat eri toimijoiden välillä. Työllä voi olla siis käytännön hyötyä myös laajentamaan tietämystä ja näkemyksiä kaivosmittauksesta ja se voi tuoda esille vaihtoehtoisia ratkaisuja ja toimintatapoja alan muille toimijoille.

LÄHTEET

Endomines 2013a. Malmiesiintymät. Karjalan kultalinja. Osoitteessa <http://endomines.com/index.php/karjalan-kultalinja>. 10.11.2013.

— 2013b. Powerpoint-esitys Pampalon kaivoksesta avoimien ovien päivänä. 24.5.2014.

Eriksson, I. & Romppanen, S. 2013. Endominesin Pampalon kaivoksen geologia-arkisto. Soijaporaussuunnitelmat.

Geologia.fi 2014. Perus geologiaa. Mineraalit. Mineraalien ominaisuudet. Osoitteessa <http://www.geologia.fi/index.php/2011-12-21-12-30-30/2011-12-21-12-40-07/mineraalien-ominaisuudet>. 15.4.2014.

Karppinen, T. 2011. Luennon PDF-aineisto aiheesta Kaivosmittaus.

Kokkonen, H. Pampalon kaivoksen työntekijöiden perehdytys, diaesitys. 2013

Kokkonen, H. 2012. Ohje yksintyöskentelystä Pampalon kaivoksella.

Lappalainen, P 2009 Maanalaiset louhintamenetelmät. Teoksessa Kaivos- ja louhintatekniikka (Toim. A.Hakanpää ja P. Lappalainen), 106—117. Kaivannaisteollisuus ry ja Opetushallitus. Vammalan kirjapaino Oy.

Laurila, P. 2008. Mittaus- ja kartoitustekniikka, 271. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Lindeman, E. 2009. Kaivoksen avaus ja valmistelevat työt. Teoksessa kaivos- ja louhintatekniikka (Toim. A. Hakanpää ja P. Lappalainen), 132—134. Kaivannaisteollisuus ry ja Opetushallitus. Vammalan kirjapaino Oy.

Puijola, K. 1997. XY - koordinaatiston sidonta AB-koordinaatistoon. Raportti Pampalon kaivoskoordinaatiston sidonnasta valtakunnalliseen koordinaatistoon, 1. Outokumpu Mining Oy.

Romppanen A. 2013. Maanalaisen kaivoksen peränajo- ja louhintasuunnitelmia Endominesin Surpac-tietokannasta.

Särkkä, P. & Suomela, P 2009. Kaivostoiminta. Teoksessa Kaivos- ja louhintatekniikka (Toim. A. Hakanpää ja P. Lappalainen), 33. Kaivannaisteollisuus ry ja Opetushallitus. Vammalan kirjapaino Oy

Vihreäpuu, U. 2002. Raportti Pampalon kiintopisteiden RTK-mittauksesta. 2-3. Outokumpu Mining Oy.

LIITTEET

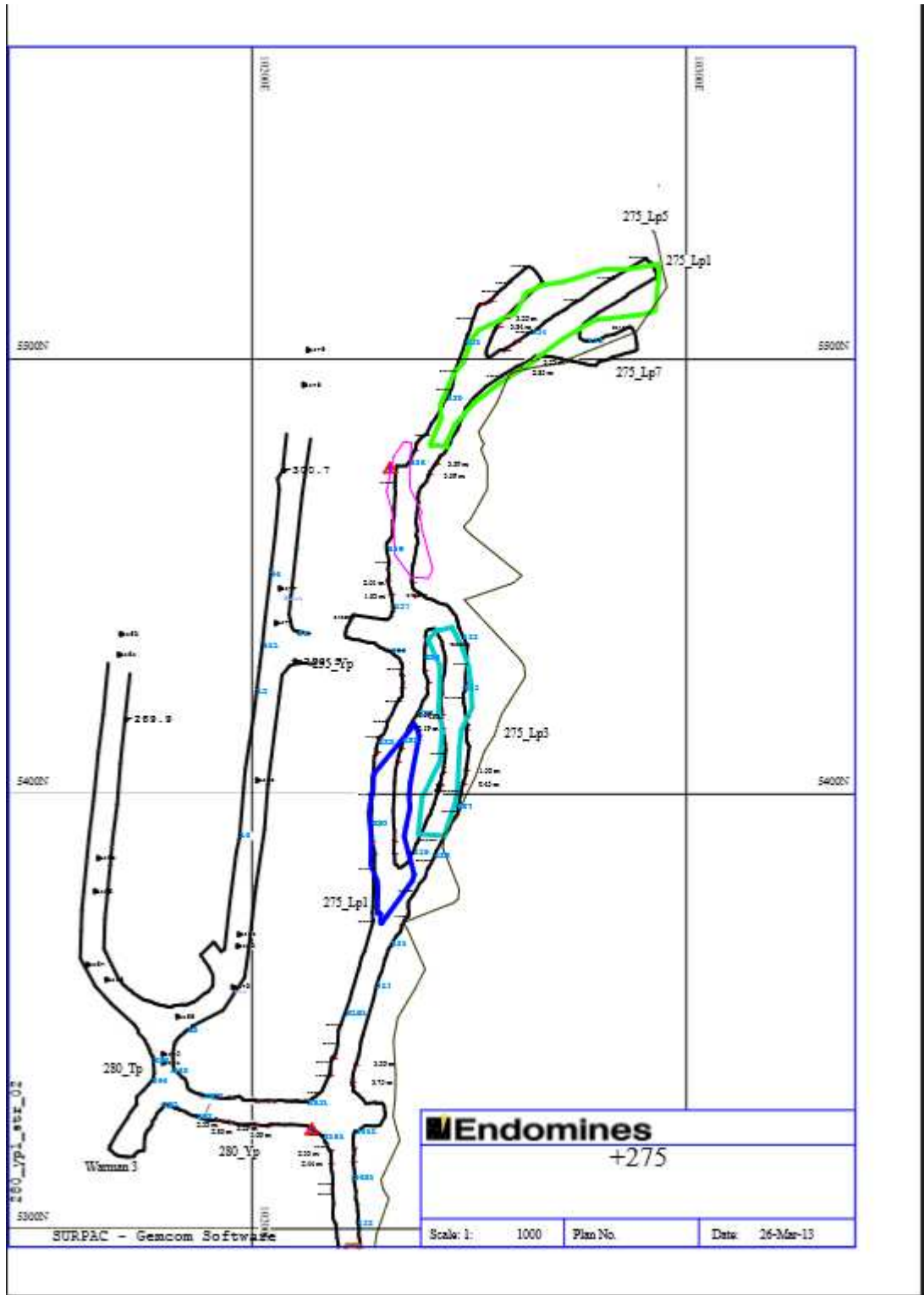
Liite 1. Tasokartta Pampalon kaivoksen tasolta -275

Liite 2. Kaivostunneleiden kuukausimittauksen laskentaraaportti

Liite 3. Kairareikien lähtösuunnan tarkistusmittaus

Liite 4. Kairareiän taipumamittaus

Liite 5. Louhintaporauskaavio



Liite 1. Tulostettu tasokartta Pampalon kaivoksen tasolta 275.

TTR 3.6.2013

Kaivosperien kuukausimitta Toukokuu2013

Huhtikuu Toukokuu

30.4.2013 3.6.2013

Taso	Tunnus	Piste n:o	Mitta	Piste n:o	Mitta	Etenemä	Profiili	Kuutiot	katk.	m/katko
103	Lp5		kart		sortunut	2,50	20		1	
112	Lp1/lev				lev	1,60	18	47		
112	Lp1		kart		kart	22,40	20	745	6	3,73
210	Lp2		kart		kart	25,70	20	777	6	4,28
210	Lp2_last				lev	7,30	18	220		
210	Lp2/last				kor	3,50	18	102		
320	Lp2/kippaus				kor	0,50	18	14		
400	Lp2/lev				lev	1,70	18	50		
400	Lp2/last/pe				kart	13,20	20	418	3	4,40
420	Lp2		kart	280	12,20	29,50	20	656	7	4,21
448	Tp/mp2		kart		kart	12,30	20	267	3	4,10
455	Tp				kart	14,00	20	339	4	3,50
455	Tp/lev				lev	5,90	18	178		
	VT-jatko				kart	32,30	21		9	3,59
					Yht.	172,40		3813	39	

lev/kor=kuutiot/18*0,6

kart=perä etenemän solidi

Liite 2. Maanalaisessa kaivoksessa kuukausittain tehtävän kuukausimittauksen laskentaraaportti. Raportissa ilmoitetaan kaivoksen taso, mitattu perä ja sen etenemä, porattujen katkojen määrä kuukauden aikana ja etenemä yhtä katkoa kohti.

	Lähtökoordinaatit	Reikä#	Suunta	Kaltevuus						
1050, 5689.991, 10153.252, -479.921, t802a			91.376	10.528						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5689.999, 10153.043, -480.269, t803a			89.704	2.248						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5689.957, 10153.009, -480.672, t804a			90.381	-0.319						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5700.038, 10153.131, -480.055, t805a			89.662	9.043						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5700.021, 10153.267, -480.598, t806a			88.740	-5.517	(Kairareikä tukossa, mittausputkea ei saanut aseteltua kunn					
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5700.032, 10153.277, -480.629, t807a			90.193	-12.294						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5709.951, 10153.234, -480.071, t808a			90.342	11.293						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5710.006, 10153.214, -480.509, t809a			89.171	1.124						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5710.011, 10153.295, -480.660, t810a			88.753	-5.940						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, xxxx.xxx, xxxxx.xxx, -xxx.xxx, t811a			Ei löytynyt							
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5719.981, 10153.323, -480.320, t812a			90.238	0.119						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										
1050, 5719.889, 10153.353, -480.683, t813a			90.154	-7.886						
0, 0.000, 0.000, 0.000,										

Liite 3. Kairareikien lähtösuunnan tarkistusmittaus. Vastaavanlainen taulukko tehdään myös soijaporausreikien tarkistusmittauksesta.

Survey Report



Survey ID	1	Survey Name	T 762
Created	10/3/13 8:04:43 PM	Modified	10/3/13 8:04:43 PM
Location		Survey Run On	10/3/13 8:04:53 PM
Operator		Customer	
Tool	DeviFlex	Serial nr.	8569

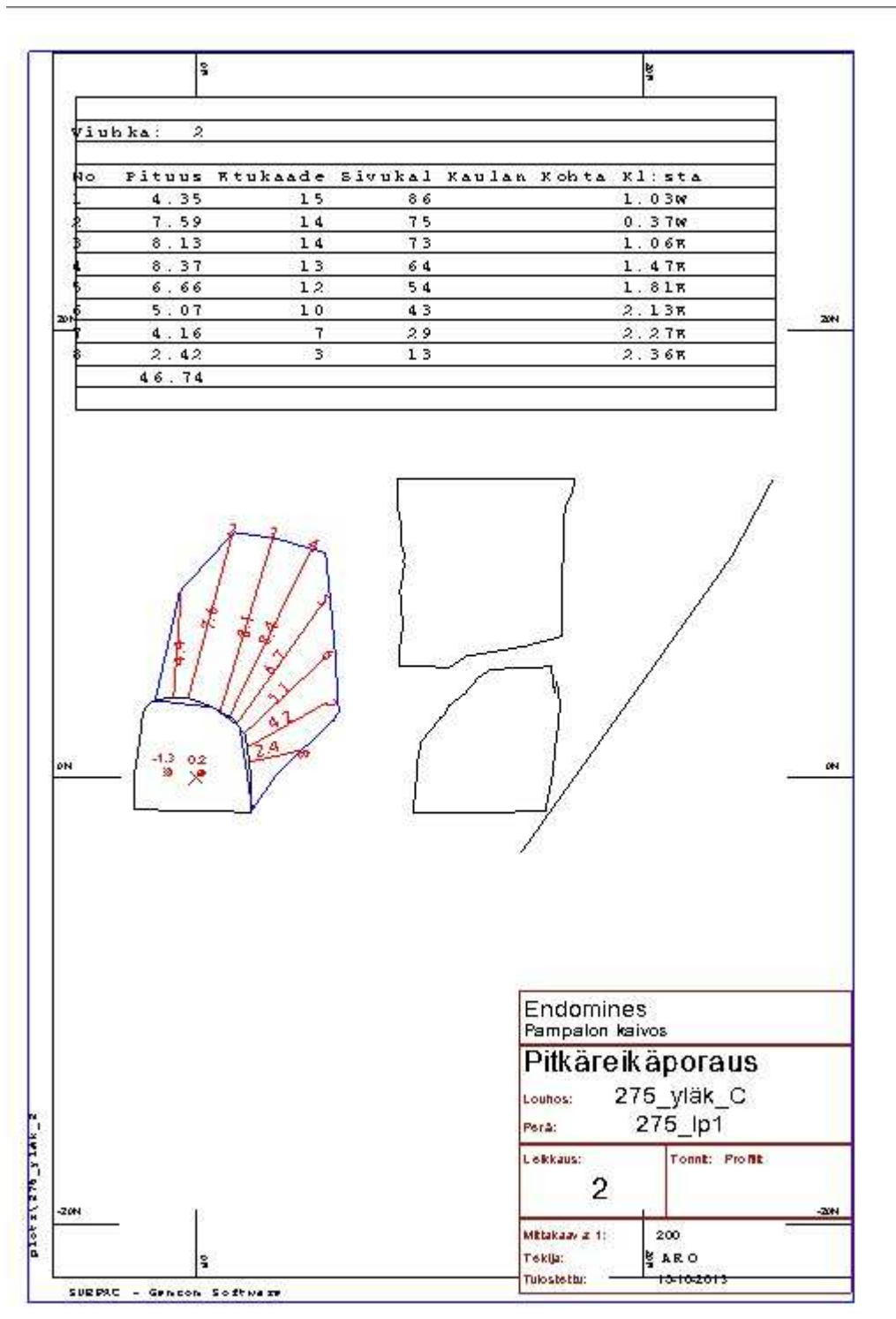
Start Direction	0
Northing	0.00
Easting	0.00
Elevation	0.00

Recorded Data:

Depth	Az.	Incl.	Sum.Inc.	North.	East.	Elev.	G.Tf.	G.Vec.	C.Dir.	Bat.	Temp.
0.0	0.00	-36.51	-36.51	0.00	0.00	0.00	294.46	9.78	293.59	7.6	11.3
3.0	359.89	-36.35	-36.47	2.41	0.00	-1.78	306.15	9.78	345.09	7.6	11.3
6.0	359.82	-36.07	-36.24	4.83	-0.01	-3.55	310.86	9.79	353.42	7.6	11.3
9.0	359.76	-35.63	-35.83	7.27	-0.02	-5.31	314.38	9.79	352.64	7.6	11.3
12.0	359.71	-35.36	-35.50	9.71	-0.03	-7.05	318.42	9.79	5.52	7.6	11.3
15.0	359.74	-35.09	-35.23	12.16	-0.04	-8.78	320.84	9.79	352.19	7.6	11.3
18.0	359.67	-34.68	-34.81	14.62	-0.05	-10.50	323.63	9.79	17.94	7.6	11.3
21.0	359.84	-34.33	-34.37	17.09	-0.06	-12.20	327.40	9.80	353.51	7.6	11.3
24.0	359.80	-34.02	-34.09	19.57	-0.07	-13.88	332.61	9.80	330.74	7.6	11.3
27.0	359.58	-33.61	-33.77	22.07	-0.08	-15.55	335.01	9.80	359.22	7.6	11.3
30.0	359.58	-33.07	-33.20	24.57	-0.10	-17.20	339.07	9.80	12.24	7.6	11.5
33.0	359.77	-32.31	-32.45	27.10	-0.12	-18.82	344.55	9.80	359.62	7.6	11.7
36.0	359.76	-31.20	-31.17	29.65	-0.13	-20.40	349.04	9.80	2.61	7.6	11.7
39.0	359.81	-30.32	-30.17	32.23	-0.14	-21.94	351.95	9.80	352.40	7.6	11.7
42.0	359.70	-29.64	-29.43	34.82	-0.15	-23.43	356.23	9.80	336.73	7.6	11.7
45.0	359.55	-29.35	-29.14	37.44	-0.17	-24.91	1.41	9.80	317.60	7.6	11.7
48.0	359.35	-29.07	-28.94	40.05	-0.19	-26.38	7.15	9.80	321.36	7.6	11.7
51.0	359.16	-28.83	-28.74	42.68	-0.23	-27.83	10.91	9.80	318.56	7.6	11.7
54.0	358.99	-28.65	-28.57	45.31	-0.27	-29.27	14.30	9.80	333.10	7.6	12.0
57.0	358.92	-28.55	-28.44	47.94	-0.32	-30.71	17.96	9.79	325.47	7.6	12.2
60.0	358.80	-28.46	-28.30	50.58	-0.37	-32.14	37.40	9.79	333.51	7.6	12.2
63.0	358.73	-28.36	-28.16	53.22	-0.43	-33.56	41.51	9.79	318.31	7.6	12.2
66.0	358.59	-28.25	-28.02	55.86	-0.49	-34.99	45.17	9.80	334.76	7.6	12.2
69.0	358.52	-28.17	-27.91	58.50	-0.55	-36.41	47.42	9.80	336.74	7.6	12.2
73.0	358.39	-27.90	-27.63	62.03	-0.65	-38.29	47.42	9.80	336.74	7.6	12.2

Depth in meter, azimuth in degrees, inclination in degrees, temperature in Celsius.
DSM version 2.0.8.0 - File created 10/4/13 1:47:08 PM

Liite 4. Kairareiästä tehty taipumamittaus. Taipumamittauksen ja kairareiän lähtösuunnan mittauksen avulla on mahdollista saada selville reiän tarkka sijainti kalliossa.



Liite 5. Tyypillinen louhintaporauskaavio. Kaaviossa ilmoitetaan louhos, louhintaleikkaus, louhintaleikkauksen sijainti (louhosperä), reikien lukumäärä ja reikien pituudet, suuntakulmat ja kaltevuudet. Kuvana on poikkileikkaus tunnelista, missä poraus suoritetaan, suunnitellusta louhoksesta ja sen lähiympäristöstä.