



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTTÖÖNOTTO KYLYLAHDEN KAIVOKSELLA

TEKIJÄ: Mikko Koponen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mikko Koponen	
Työn nimi Elektronisten nallien käyttöönotto Kylylahden kaivoksella	
Päiväys 18.3.2016	Sivumäärä/Liitteet 79
Ohjaaja(t) Juha Pakarinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Boliden Kylylahti oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Boliden kylylahti oy:llä on maanalainen kaivos Polvijärven Kylylahdessa, jossa louhitaan vuosittain noin 650 000 tn malmia. Alueella on kaivoshistoriaa yli 100 vuotta ja siellä on toiminut vuosina 1914 - 1989 aikana 3 kupari-sinkki-kulta-nikkeli-koboltti kaivosta. Kylylahden kaivos aloitti tuotannon vuonna 2012, koko ajan kaivos haluaa etsiä keinoja työturvallisuuden kehittämiseen ja tuotannon tehostamiseen. Kaivoksella on ollut käytössä tähän asti Impulssi-nallit ja niiden rinnalla on elektronisia nalleja käytetty lähinnä suurien kansien räjäytyksissä. Elektronisten nallien käyttö vaatii oman laukaisujärjestelmän, jota Kylylahdessa ei ole ja ohjelmointi- ja räjäytyspalvelu on tähän asti ostettu toiselta yritykseltä. Opinnäytetyön tavoite oli tutkia voidaanko elektronisilla nalleilla tuotantolouhintaa suorittaa kustannustehokkaammin, työturvallisemmin ja onko järkevää investoida omaan laukaisujärjestelmään.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin millaisia vaikutuksia impulssi- ja elektronisilla nalleilla on lastaustehokkuuteen, tärinäihin ja louhosreikien auki pysyvyyteen. Skannaustulosten perusteella arvioitiin onko louhinnoissa nallityypeillä vaikutusta malmitappioihin tai ylilouhintaan. Työssä tutkittiin myös saadaanko elektronisten nallien kalliita laite- ja nallikustannuksia suhteessa impulssinalleihin kompensoitua suurempien kertäräjäytysten avulla, jos jätetään joitain työvaiheita pois.</p> <p>Tutkimuksissa huomattiin, että nallityypistä riippumatta tärinämittauksissa ja skannaustuloksissa ei ollut suuria eroja. Tärinät olivat kaivoksessa vähäisiä ja louhintajälki suurimmaksi osaksi hyvää skannaustulosten perusteella, suurimmat poikkeamat johtuivat kallion ominaisuuksista. Lastaustehokkuutta elektronisilla nalleilla saatiin lisättyä pienemmän raekoon ansioista ja suurempien räjäytysten jälkeen kiveä oli lastattavaksi useaksi päiväksi ilman että lastaukseen tulisi katkoksia. Louhoksella työvaiheet vähenevät noin 3 - 4 kertaisesti elektronisilla nalleilla suoritettavien suurempien räjäytysten johdosta; vähentyneet työvaiheet kompensoivat elektronisten nallien kalliimpia kapalehintoja. Tutkimuksen perusteella oman laukaisujärjestelmän ostaminen maksaisi itsensä takaisin alle vuodessa.</p> <p>Tulosten perusteella elektronisten nallien käyttö impulssinallien rinnalla on järkevää. Elektronisten nallien käyttö olisi tarpeellista suurien kansien räjäytyksissä, haastavissa louhintakohteissa sekä suurissa tuotantolouhinnoissa. Impulssinallien käyttö olisi edelleen kustannustehokkaampaa suurimmassa osassa tuotantoa. Oman elektronisen laukaisujärjestelmän ostaminen olisi myös taloudellisesti järkevää.</p>	
Avainsanat elektroninen nalli, impulssinalli, louhintaa, maanalainen kaivos	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Mikko Koponen			
Title of Thesis Benefits of using electronic primers in mining			
Date	18.3.2016	Pages/Appendices	79
Supervisor(s) Mr Juha Pakarinen Lecturer			
Client Organisation /Partners Boliden Kylylahti Ltd			
<p>Abstract</p> <p>Boliden Kylylahti Oy has an underground mine in Kylylahti, Polvijärvi. About 650,000 tons of ore is mined every year. There has been mining industry over a hundred years and three different copper-zinc-gold-nickel-cobalt mines have had production in the area over the years 1914 - 1989. The Kylylahti mine began production in the year 2012. The mine constantly seeks development in work safety and increase in production performance. The mine has been using impulse primers so far. Electronic primers have been used to explode large lids. Electronic primers require its own firing system, which Kylylahti does not have. The programming and exploding services have been outsourced to another company. The goal of this thesis was to examine possibilities to decrease production costs by using electronic primers instead of impulse primers, to increase work safety and the feasibility of investing in the firing system.</p> <p>The impacts of impulse and digi primers for loading effectivity, tremors and quarry holes openness were examined in this thesis. The scan results were used to evaluate if different primer types had impact on ore losses or over quarrying. It was also examined if the expensive equipment of electronic primers and the unit prices could be compensated due to larger explosions and omission of work stages compared to impulse primers.</p> <p>According to the results there was no significant difference in tremor measurements or scan results regardless the different primer type. Tremors were minor in the mine and quarry quality was good in most cases. According to scan results the most significant aberration was caused by the quality of the rock. There was a significant increase in the loading effectivity by using electronic primers. Due to smaller grain size and larger explosions more rock could be loaded without interruption. By using electronic primers it was possible to decrease stages about three to four times compared to earlier. Due to larger explosions, decreased stages compensate the more expensive unit prices of the electronic primers'. According to the research the company's own firing system would pay itself back in a year.</p> <p>According to the total results using electronic primers together with impulse primers proved to be rational. To use electronic primers would be necessary for exploding large lids, in challenging quarry environments and in large quarry productions. Using impulse primers is still more cost-effective in most cases. To buy a firing system for the company would be financially reasonable.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Electronic primer, impulse primer, blasting, underground mine</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	6
1.2	New Boliden ja Boliden Kylälahti oy.....	6
2	TUOTANTOLOUHINTA.....	7
2.1	Aikataulutus/Louhintajärjestys	7
2.2	Vinotunnelin ja infraperien sijainti	8
2.3	Pengertäyttölouhinta	9
2.4	Yksittäisen louhoksen suunnittelu	10
2.4.1	Louhoksen valmistelevat työt.....	11
2.4.2	Louhosporaus	11
2.4.3	Louhospanostus	12
2.4.4	Louhoslastaus	13
2.4.5	Louhoksentäyttö	13
3	RÄJÄHDYSAINEET JA SYTYTYSJÄRJESTELMÄT.....	14
3.1.1	Kemiitti 810	14
3.1.2	Anfo.....	16
3.1.3	Kemix-putkipanokset.....	17
3.2	Impulssi-sytytys.....	19
3.2.1	Exel MS	19
3.2.2	Exel UNIDET	21
3.2.3	Exel LP	22
3.3	Elektroninen-sytytys.....	24
3.3.1	Elektronisten nallien teoreettiset hyödyt/haitat.....	28
4	ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTTÖ TUOTANNOSSA.....	30
4.1	Elektronisten nallien käyttökohteet Kylälahdessa	30
4.1.1	Louhos 210kpL7	30
4.1.2	Louhos 410ppL3	34
4.1.3	Louhos 470ppL8	39
4.1.4	Louhos 500ppL10.....	43

5	ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTÖN VAIKUTUKSET TUOTANNOSSA.....	47
5.1	Louhosten skannaus	47
5.1.1	Louhos 210kpL7.....	47
5.1.2	Louhos 410ppL3	51
5.1.3	Louhos 470ppL8	55
5.1.4	Louhos 500ppL10.....	60
5.2	Tärinämittaukset.....	65
5.3	Louhosreikien tukkeutuminen	67
5.4	Lastaustehokkuus	68
5.4.1	Rikotusmäärät	69
5.5	Kustannusarviointi	69
6	ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTÖN EDELLYTYKSET JATKOSSA.....	70
6.1	Elektronisten nallien käyttökohteet.....	70
6.2	Impulssi nallien käyttökohteet	70
7	YHTEENVETO.....	71
	LÄHTEET	73

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Kylylahden kaivoksella halutaan koko ajan kehittää louhimista työturvallisempaan ja tehokkaampaan suuntaan. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia saadaanko louhintaa tehostettua diginallien avulla isommilla kertaräjäytyksillä, voidaanko näin tehostaa lastausta ja saadaanko työvaiheiden vähennyttä louhimista kustannustehokkaammaksi ja työturvallisemmaksi. Lisäksi tutkittiin millaisia vaikutuksia louhinta jälkeen elektronisilla nalleilla oli verrattuna impulssinalleihin mm. skannaustulosten ja louheen raekoon perusteella.

Kylylahdessa tähän asti diginalli räjäytykset on suoritettu Forcitolta tilaamana, jolloin Forcitolta on tullut laukaisulaite, elektroniset nallit sekä yksi panostaja ohjelmoimaan kentän. Tarkoitus on myös tarkastella onko taloudellisesti järkevää kouluttaa työntekijöitä ja hankkia oma elektronisensyntytyksen laukaisujärjestelmä.

1.2 New Boliden ja Boliden Kylylahti oy

Boliden AB on ruotsalainen kaivos- ja metalli alan yritys, jonka pääsääntöistä erikoisalaa on kaivos-tuotanto, sulattotoiminta ja metallien uusiokäyttö. Yhtiö on perustettu vuonna 1924, jolloin Pohjois-Ruotsista löytyi siihen aikaan Euroopan rikkain kultamalmio. Päätuotteina on sinkki ja kupari, lisäksi Boliden tuottaa myös kultaa, hopeaa ja lyijyä. Bolidenilla on tuotantolaitoksia Suomessa, Ruotsissa, Irlannissa ja Norjassa. Pääkonttori sijaitsee Ruotsissa Tukholmassa. Organisaatiossa on nykyisin kaksi liiketoiminta-aluetta: Kaivokset-liiketoiminta ja Sulatot-liiketoiminta. (Boliden.com.)

Kaivosalueita yhtiöllä on viisi, joihin kuuluu Aitik, Garpenberg, Bolidenin alueen kaivokset Ruotsissa, Taran kaivos Irlannissa ja Kylylahden kaivos Suomessa. Yhtiö työllistää yhteensä noin 4 900 henkeä, joista noin 1 000 työskentelee Suomessa. Liikevaihto vuonna 2014 oli 36 891 miljoonaa (SEK) ja liikevoittoa 2 759 miljoonaa (SEK). (Boliden.com.)

Kylylahden kaivos aloitti tuotannon vuonna 2012 Australialaisen Altona Miningin omistuksessa. Lokakuussa 2014 Kylylahden kaivos siirtyi Bolidenin omistukseen. Boliden Kylylahti sijaitsee Outokummun historiallisella kaivosalueella Pohjois-Karjalassa. Alueella on kaivoshistoriaa yli 100 vuotta ja siellä on toiminut vuosina 1914 - 1989 aikana 3 kupari-sinkki-kulta-nikkeli-koboltti kaivosta. (Boliden Kylylahti yritys esittely.)

Kylylahden päätuotteet on kupari, kulta ja sinkki. Se työllistää urakoitsijoihin noin 230 henkilöä. Kaivoksen syvyys maanpinnasta on tällä hetkellä noin 700 m. Vuonna 2014 sieltä nostettiin malmia 669,329 tn, josta kuparia oli 10,950 tn, Sinkkiä 1, 965 tn ja kultaa 317 kg. (Boliden Kylylahti yritys esittely.)

2 TUOTANTOLOUHINTA

2.1 Aikataulus/Louhintajärjestys

Kylylahdessa kaivoksen pitkän tähtäimen suunnittelun lähtökohtana on saavuttaa budjetissa asetettu tuotantotavoite, tuotantotavoite perustuu suunniteltuun rikastamon kapasiteettiin. Aikataulusen vaadittavia tuotantotehoja (peränajo, lastaus, poraus, täyttö) varten on kerätty aiemmasta tuotannosta tietoa, jota hyödynnetään tulevan tuotannon aikataulutuksessa. (Malmberg Markus 2015-03-09)

Pääperiaatteet louhintajärjestyksessä ovat alhaalta ylöspäin ja ykkösvaihe ennen kakkosvaihetta. Pitkittäisessä louhinnassa louhinnan jälkeen, louhosten "etuseinä" täytetään kovettuvalla täytöllä ja seuraava louhos pyritään avaamaan heti täytön viereen. Poikittaisessa louhinnassa ykkösvaiheen louhokset louhitaan 10 m leveinä ja kakkosvaiheet 15 m leveinä, jotta säästetään kovettuvaa täyttöä ykkösvaiheen louhosten täytössä. Täytön kovettumisaika ennen, kuin sen viereen avataan louhos on pääsääntöisesti 30 päivää. Louhinta aloitetaan pääsääntöisesti malmin pohjoispäästä eli alareunasta, minkä lisäksi tuotantomäärien saavuttamiseksi joudutaan malmin yläharjalta eli eteläpäästä aloittamaan tuotanto joillakin tasoilla ja jättämään niihin pieni vaakapilari. Vaakapilareita jättämällä voidaan aloittaa suuremmalta alueelta kerrallaan, koska ei tarvitse odotella alemman tason louhinnan valmistumista.(Malmberg Markus 2015-03-09.)

Peränajot käsitellään pitkäntähtäimen suunnittelussa kokonaisuutena ja peränajotehona on yksinkertaisesti m/viikko. Perien etenemiselle annetaan arvo perän kiireellisyyden mukaan, tasoperille 1 - 2 katkoa viikossa. Vinotunneli on yleensä tärkein peränajokohde ja sille keskimäärin suunniteltu etenemä on 3 - 4 katkoa viikossa. (Malmberg Markus 2015-03-09.)

Peränajomenetelmässä on kaksi vaihtoehtoa: suunnittelusuunta, joihin kuuluvat raakkuperät ja poikittaiset malmiperät tai geokontrolli, joihin kuuluvat pitkittäiset malmiperät, joissa seurataan silmin havaittavissa olevan massiivimalmin kontaktia. Lopullinen tieto malmista saadaan vasta peränajojen peränäytteistä ja soijausten/ tarkentavien kairausten valmistuttua. Tästä johtuen perä ei aina ole ideaalilla paikalla louhinnan kannalta. (Malmberg Markus 2015-03-09.)

Kylylahden malmi on verraten pieni, ja louhokset ovat usein riippuvaisia toisistaan. Tuotantovarmuuden kannalta tämä on huono asia, sillä ongelmat yhdessä louhoksessa vaikuttavat pitkälle tuleviin louhoksiin. Pitkäntähtäimen suunnittelussa on tavoite luoda mahdollisimman monta toisistaan riippumatonta louhosaluetta, jotta ongelmat yhdessä louhoksessa eivät vaikuta liikaa tuotantoon. Aina olisi hyvä olla yksi tai useampi kiireetön varakohde (kuva1). (Malmberg Markus 2015-03-09.)

2.2 Vinotunnelin ja infraperien sijainti

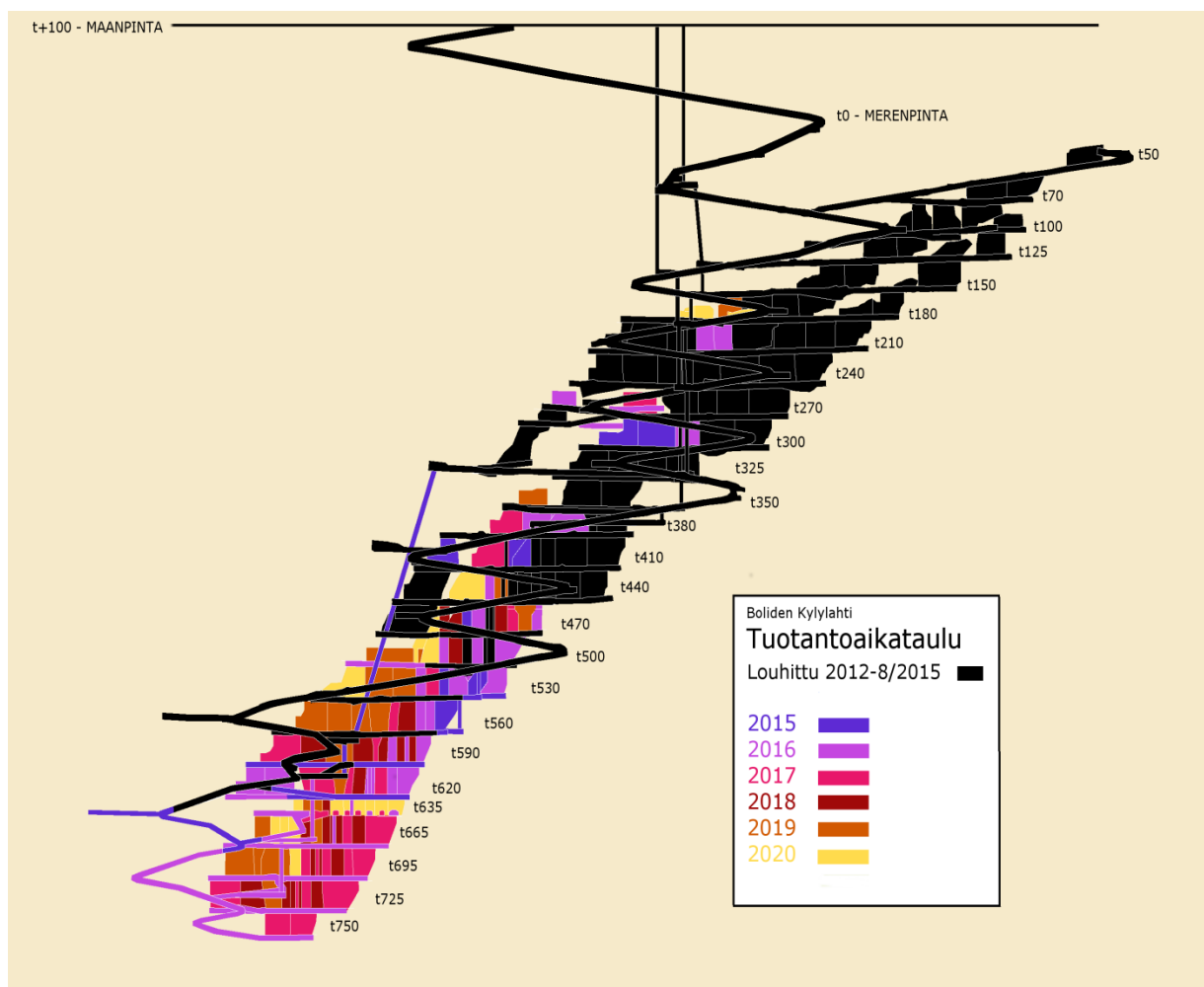
Louhinnan alkaessa Kylylahdessa, kaivoksen yläosissa vinotunneli eteni malmin jalkapuolella (itäpuoli), mistä se siirtyi 325 - 350 tasovälillä malmin kattopuolelle (länsipuoli). Perusteena siirrolle oli oletetut paremmat kivilajiolosuhteet, mutta tämä osoittautui virheelliseksi oletukseksi. Lisäksi malmin kattopuolella löytyi kuitupitoista kiveä, mikä oli pääsyyinä vinotunnelin siirtymiselle takaisin jalkapuolelle 530 - 560 tasovälillä. Vinotunnelin ja tuotantotasot yhdistävät yhdysperät tulevat tyypillisesti sisään malmin keskivaiheilta. Tällä tavoin säästetään peränajomäärissä ja päästään aloittamaan tuotanto malmin alareunasta (pohjoispäästä) kohtuullisen nopealla aikataululla. Yhdysperien sijaintia pohjoisessa rajoittaa malmin kyljessä oleva heikko talkkivyöhyke, jonka läpi ei voida ajaa perää lainkaan. Keskeltä sisään tuleva yhdysperä saattaa aiheuttaa ongelmia louhinnan loppuvaiheessa, kun kalliojännitykset keskittyvät yhdysperän kohdalla oleviin viimeisiin louhoksiin. (Malmberg Markus 2015-03-09.)

Kylylahden alueella kallioperän pääjännitykset kulkevat noin itäkaakko – länsiluode - suunnassa, ja kalliomekaanisista syistä vinotunneli sekä yhdysperät pyritään tekemään pääjännityksen suunnassa. Pääjännityksen suunta vaikuttaa myös louhosten suuntaukseen, ja siksi poikittainen louhinta, jossa louhos on pidempi pääjännityksen suunnassa on parempi kuin pitkittäinen louhinta. (Malmberg Markus 2015-03-09.)

Alla on taulukko, jossa esitetään karkeasti tyypillisen tuotantotason eteneminen vinotunnelista louhinnan aloitukseen (taulukko1).

Taulukko 1. Tuotantotason eteneminen vinotunnelista louhintaan (Malmberg Markus 2015-09-03.)

Kuukausi	Työvaihe tasolla
0	Vinotunneli yhdysperän risteyksessä
1	Yhdysperän (p1) ajo
2	Yhdysperän (p1) ajo, raitisilmaperän ajo
3	Yhdysperän (p1) ajo, raitisilmanousun louhinta
4	Malmi- ja muiden infraperien ajot
5	Malmi- ja muiden infraperien ajot
6	Malmi- ja muiden infraperien ajot
7	Soijaukset, tarkentavat kairaukset, poistonousun louhinta, peränaojen viimeistelyt
8	Malmimallin ja louhosten päivitys, peränaojen viimeistelyt/levitykset, louhostuenat
9	Ensimmäinen louhos tuotantoon



Kuva 1. Tuotantoaikataulua (Malmberg Markus 2015-03-09.)

2.3 Pengertäyttölouhinta

Pengertäyttölouhinta on yleinen ja tehokas louhinta menetelmä silloin, kun malmi on ohut ja jyrkkäkaateinen. Pengertäyttö louhinta etenee alueellisesti alhaalta ylöspäin, välitasomaisesti, louhos-täytön seuratessa lähes välittömästi perässä. Louhinnassa voidaan käyttää, joko alakätisiä tai yläkätisiä louhintareikiä. Louhinta etenee pengerialouhinta vetäytyen malmin pituussuunnassa malmia pitkin. Näin pidetään avoimen tilan jänneväli alhaisena vaakasuunnassa ja estetään seinämien sisäänlohkeilu. Pystysuunnassa seinämäkorkeutta rajoitetaan, tasovälinä on yleensä 12 - 30 m. Tasomalmerät levitetään mahdollisuuksien mukaan malmin täyteen leveyteen ja tuetaan asian mukaisesti. Matala tasoväli mahdollistaa samalla malmin muotojen tarkan seuraamisen. (Paalumäki, Lappalainen, Hakapää 2015, 133.)

Pengertäyttölouhinnan etuja: (Paalumäki, Lappalainen, Hakapää 2015, 133.)

- pieni raakkulaimennus
- kustannustehokas pitkäaikälouhintansa ansiosta
- työturvallinen, kun louhoksen sisällä ei tarvitse työskennellä
- tuotantovarmuushyvä.

Pengertäyttölouhinnan haittoja: (Paalumäki, Lappalainen, Hakapää 2015, 133.)

- Malmin rajat kairattava tai soijattava etukäteen, jotta tasoperät saadaan oikeille paikoille.
- Korkeissa jännitystiloissa louhinta vetäytyy molemmilta puolin poikkiperää kohti kuormittaen keskuspilaria liikaa. Silloin on oltava yhteydet molemmilta puolin.
- Repaleisissa malmeissa selektiivisyys huonompi kuin esim. lyhytreikätyttölouhinnassa.

2.4 Yksittäisen louhoksen suunnittelu

Jokaiselle louhokselle pidetään louhintapalaveri, joka on tarkemman louhossuunnittelun perusta. Louhospalaveriin suunnitteluinsinööri valmistee materiaalin/esisuunnitelman louhoksen louhimista varten. (Sorsa Antti 2015-09-10.)

Louhospalaverissa otetaan kantaa (Sorsa Antti 2015-09-10.)

- louhoksen malliin
- ympäröivien louhoksien toteutumisiin
- louhoksen kalliomekaniikkaan ja tuentaan
- louhoksen avaukseen
- louhoksen poraukseen
- louhoksen panostukseen
- louhoksen valmisteleviin töihin
- louhoksen lastaukseen
- louhoksen täyttöön
- turvallisuusasioihin.

Louhintapalaverissa pyritään edellisistä louhoksista saatujen kokemusten hyödyntämiseen ja käyttämään näitä tietoja tulevissa louhoksissa. Palaverissa muodostetaan yhteisymmärrys louhinnan läpiviennistä ja tarvittaessa muokataan esisuunnitelmaan keskustelun pohjalta. Palaverissa on läsnä: Geologian edustaja, turvallisuuden edustaja, suunnittelun edustaja, tuotannon edustaja sekä urakoitsijavalvoja. Louhintapalaverin jälkeen laaditaan varsinaiset suunnitelmat suunnitteluinsinöörin toimesta. (Sorsa Antti 2015-09-10.)

Louhoksen laadittavat suunnitelmat: (Sorsa Antti 2015-09-10.)

- tuenta suunnitelma
- perän levityssuunnitelma
- panostus-/poraussuunnitelma.

2.4.1 Louhoksen valmistelevat työt

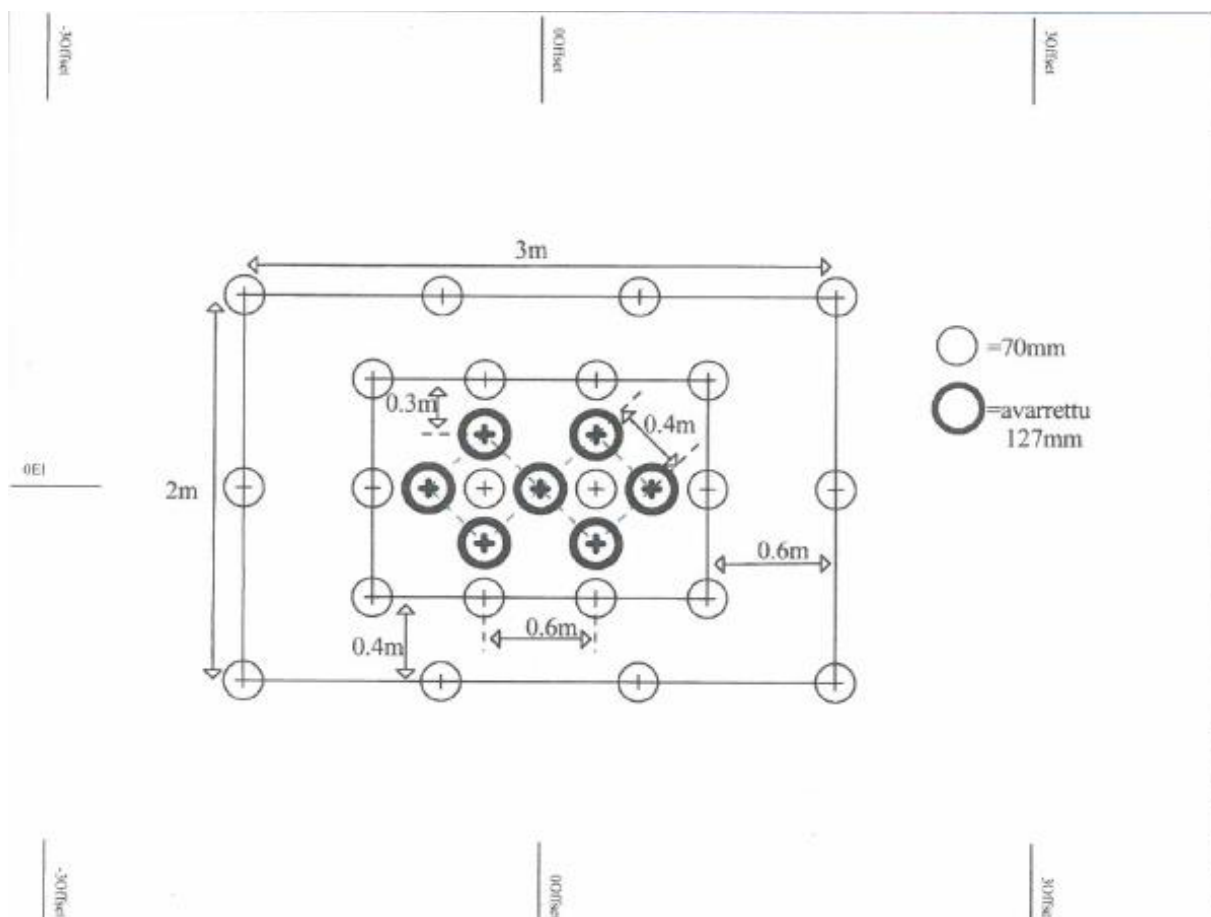
Ennen, kuin päästään varsinaiseen louhosporaukseen on tasolle tehtävä valmisteleviä töitä. Yleensä louhintaperät levitetään mahdollisuuksien mukaan malmin täyteen leveyteen. Normaalin lyhytreikä pulttauksen ja rappauksen lisäksi louhoksen ylemmän tason katto tuetaan 2×2 metrin ruutuun 6 m vaijeripulteihin tai louhoksen sijainnin mukaan kohdekohtaisella tuenta suunnitelmalla.

Louhokselle on täytynyt rakentaa varustelut asianmukaisesti, jotka sisältävät tuuletuksen, paineveden ja sähköt. Tasolla on oltava myös asianmukainen poistovesilinja. Porausta ennen louhoksen pohja eli "kynsi" putsataan täysin kallio pinnalle ja Louhoksen seiniin merkataan poralinjat, jonka jälkeen louhos on poraus valmis.

2.4.2 Louhosporaus

Jokaiselle louhokselle suunnitellaan erillinen poraus suunnitelma, jonka mukaan poraus suoritetaan. Kylälahdessa on käytössä kaksi tuotantoporauslaitetta louhintaan, toinen on kehikkomallinen ja toinen puomilaitteistolla varusteltu. Molemmat soveltuvat pitkäreikäporaukseen, mutta kehikkolaite on varsinainen tuotanto porauslaite, puomilaitte on rakenteensa puolesta joustavampi ja näin ollen soveltuu paremmin reikien aukaisuun ja sillä voi porata mm. vaijeripulttireikiä.

Louhoksen poraus koostuu yleensä ylä- sekä alakätisestä porauksesta, jossa molemmissa on omat avausnousunsa, jotka sijaitsevat yleensä keskellä louhoksen toista päätyä, nousun vieressä sijaitsevilla levitys rei`illä louhos levitetään täyteen mittaan. Avausnousun takana voi sijaita myös malmimallista riippuen leikkauksia, joita sanotaan etuleikkauksiksi. Avausnousuna käytetään pääsääntöisesti 2×3 m kooltaan olevaan kaavioita (kuva.2), jossa on 7 avarrusreikää ja 22 louhintareikää. Avarrusreiät ovat kooltaan 127 mm. Varsinaiset nousun louhinta reiät ovat kooltaan 70 mm tai 76 mm.



Kuva 2. 2×3 m avausnousun porauskaavio (Boliden Kylylahti oy.)

Avausnousun jälkeen porataan varsinaiset louhintaviuhkat, jotka porataan yläkätisessä porauksessa 70 mm kokoiseksi ja alakätisessä 76 mm kokoiseksi. Viuhkoja voidaan kallistaa tarpeen mukaan niin pysty - kuin vaaka suunnassa, jotta saataisiin porattua mahdollisimman tarkasti malmi mallin mukaan.

Poraustarkkuus vaikuttaa

- Malmitappioihin
- Raakkulaimennukseen
- Louhoksen lähtevyyteen
- Viereisten täyttöjen pysyvyyteen
- lohkokokoon
- lastattavuuteen.

2.4.3 Louhospanostus

Louhoksen panostus aloitetaan yleensä yläkätisestä noususta, pääsääntöisesti louhitaan kerralla yläkätinen avausnousu ja nousun levitykset. Yläkätisen nousun ja levityksien louhittua, jatketaan yläkätisten louhimista 2 - 3 leikkausta kerrallaan niin kauan kun päästää alakätisen nousun "ohitse". Seuraavaksi Louhitaan alakätistä nousua yleensä noin 5 m osissa, kunnes nousu on noin 3 – 5 m "kannella". Louhoksen aukaisussa ammutaan alakätinen nousu, nousun levitykset ja tilanteen mu-

kaan mahdolliset etuleikkaukset. Louhoksen ollessa ”auki” louhintaa jatketaan louhimalla vuoronperään ylä- ja alakätisiä leikkauksia noin 2 - 3 leikkausta kerrallaan.

Louhos räjäytyksissä ja etenkin alakätisissä louhos ammuissa on suuri riski, että räjäytyksen jälkeen seuraavien leikkauksien reiät ovat tukossa, jolloin joudutaan käyttämään ennen seuraava räjäytystä pitkäreikäporauslaitetta aukaisemassa reikiä tai mahdollisesti poraamassa uusia reikiä. Opinnäytetyön keskeisenä tavoitteena on saada louhinnan yhteydessä tulevat ylimääräiset työvaiheet minimoitua ja saada tehostettua louhintaa.

Alakätisen Panostuksen työvaiheisiin kuuluu

- louhoksenlipan putsaus/rusnaus
- reikien etsiminen/luotaus
- reikien aukaiseminen
- reikien tulppaaminen
- nallitus sekä panostus emulsiolla
- panostetun kentän kytkeminen
- mahdollinen rikottaminen.

2.4.4 Louhoslastaus

Louhoksen lastaaminen tapahtuu alaperästä hytistä tai kauko-ohjauksen avulla, jolloin kukaan ei turvallisuussyistä työskentele louhoksen sisällä. Kivet lastataan kiviautoihin, joihin mahtuu noin 25 tn malmia. Malmit kuljetetaan pintaan malmi kentälle, josta ne kuljetetaan taas eteenpäin rikastamolalle.

Louhosta lastataan ennen seuraavaa räjäytystä vähintään sen verran, että seuraavan räjäytyksen kivet mahtuvat louhokseen. Mahdollisuuksien mukaan louhos lastataan aina tyhjiin ennen seuraava räjäytystä jolloin ei ole vaaraa, että mahdollisten sortumien takia jäisi ”vanhoja” malmeja louhokseen. Lisäksi kerta toisensa jälkeen räjäytettävä malmi ja rikin hidas palaminen louheen pinnalla sitovat kasan tiiviiksi, jolloin lastaaminen vaikeutuu huomattavasti.

2.4.5 Louhoksentäyttö

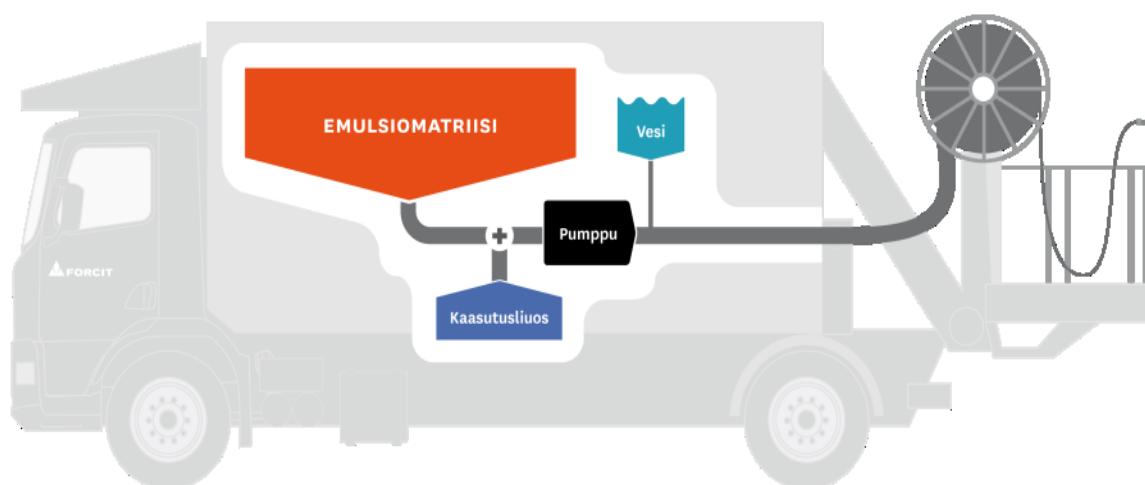
Louhoksen louhinnan ja tyhjiin lastauksen jälkeen louhos täytetään. Louhoksen tyhjennettyä se skannataan, tulevien louhosten suunnittelua varten. Skannauksesta selviää kuinka paljon on tapahtunut ylilouhintaa tai päinvastoin malmi tappioita. Louhokset täytetään louhostyyppin mukaan joko raakulla tai kovettuvalla raakutäytöllä. Kovettuva raakutäyttö tukee viereisiä louhoksia ja estää kallion muodonmuutokset sekä sortumat. Lisäksi täytetyt louhokset toimivat mahdollisesti työalustana tuleville louhoksille. Täytöissä käytetään hyväksi peränajossa tulevia raakkuja, jolloin peränajoissa tulevat raakut voidaan suoraan ajaa täyttöihin, jolla saadaan vähennettyä pinnasta ajettavien raakku kivien ajoa.

3 RÄJÄHDYSAINEET JA SYTYTYSJÄRJESTELMÄT

3.1.1 Kemiitti 810

Kemiitti 810 on emulsiomatriisista kemiallisesti herkistettävä, pumpaamalla panostettava vesi-öljy-emulsioräjähdyssaine (taulukko 2). Olomuodoltaan rasvainen ja valkoinen/kellertävä väriltään. Kemiitti 810 on erityisesti maanalaiseen kallion louhintaan soveltuva, jossa tarvitaan ominaisuuksiltaan nopeaa, säädettävää panostusta sekä hyvää vedenkesto kykyä. Kemiitti 810 pumpataan alakätsiin, yläkätsiin tai vaakasuoriin porareikiin erikoisvalmisteisellä panostuslaitteella. Kemiitti 810 raaka-aineita ei luokitella räjähdysaineeksi vaan se herkistyy räjähdysaineeksi vasta reagoidessaan kaasutusliuoksen kanssa. Onnistunut panostus edellyttää kaasuuntumisen seurausta, jotta ei tehdä liian alhaisella tai korkealla tiheydellä olevaa räjähdysainetta. Tuotteen tiheys muuttuu noin 1.4 kg/dm³:sta noin 1.0 kg/dm³:iin sen reagoidessa (kuva 3). (forcit.fi.)

Panostuslaitteilla saadaan tehtyä erittäin tarkasti panostustyö (kuvat 4 ja 5). Se vain vaatii, että panostusalustan automatiikkaa käytetään panostuksessa, joka taltio automaattisesti muistiin reikäkoh- taisen panostuksen ja jolla voidaan säädellä panostusastetta tarpeen mukaan esimerkiksi peränajossa. Tuote tarvitsee aloitepanoksen syttyäkseen. (forcit.fi.)



kuva 3. Esimerkki Kemiitti 810 valmistusprosessista (forcit.fi.)

Räjähdystekniset ominaisuudet

Taulukko 2. Räjähdystekniset ominaisuudet Kemiitti 810 (Forcit.fi.)

Ominaisuudet

Yksikkö

Räjähdysaineen tiheys	kg/dm ³	1,0 – 1,2
Räjähdysnopeus	m/s	3000 - 5000

Tyypilliset ja laskennalliset arvot

Syttymisherkkyys

Räjähdyslämpö* MJ/kg

Kaasutilavuus (NTP)* l/kg

Voima/painoyksikkö** S

Kriittinen tiheys kg/dm³

Käytettävä räjäytintä.

2,9

990

0,78

Tiheyden ylittäessä 1,25 syttymisherkkyys huononee nopeasti

Porareiän läpimitta min Mm

Käyttölämpötila °C

Käyttösyvyys vedessä

30

Min. +10

Testattu 40 m



Kuva 4. Kylylahdessa käytössä oleva panostusajoneuvo (Mikko Koponen 2015-05-20.)



Kuva 5. Kylylahdessa käytössä oleva panostusajoneuvo (Mikko Koponen 2015-05-20.)

3.1.2 Anfo

Anfot ovat erityisesti massalouhintojen räjähdysaineita, jotka soveltuvat asutun alueen ulkopuolelle varsipanokseksi sekä maanalaiseen louhintaan. Anfot valmistetaan prillatusta (=rakeisesta, huokoisesta) ammoniumnitraatista. Tavallisen Anfon lisäksi on olemassa Ahti-Anfo jota käytetään kosteissa olosuhteissa, Pito-Anfoa, jota käytetään yläkätisiin panostuksiin sekä Anfo-800 jolla saadaan pienemmän tiheyden ansiosta pienempi panostusaste (taulukko 3). Anfot tarvitsevat aloitepanoksen syttyäkseen. (Vuolio, Halonen 2012, 61–62.)

Räjähdystekniset ominaisuudet

taulukko 3. Räjähdystekniset ominaisuudet Anfollla (Forcit.fi.)

Spesifikaatiot	Yksikkö	Anfo	Anfo 800	Ahti-Anfo	Pito-Anfo
Olomuoto	rakeinen	rakeinen	rakeinen	rakeinen	rakeinen
Tiheys *	kg/dm ³	0,87-0,95	0,75-0,83	0,85-0,95	0,65-0,80
Räjähdysopeus	m/s	> 3 000	> 3 000	> 3 000	> 3 000

Tyypilliset ja laskennalliset arvot

Räjähdysopeus (Ø 55 mm)**	m/s	3 000 - 3500	3 000 – 3500	3 000 – 3500	3 000 - 3500
Välitys (Ø 40 mm)**	cm	-	-	-	-
Happitasapaino	%	0	0	- 2,2	- 5,2
Kaasutilavuus***	dm ³ /kg	965	965	925	1015
Räjähdyslämpö***	MJ/kg	4,00	3,90	3,80	3,55
Voima/painoyksikkö	S	1,00	0,98	0,95	0,90
Sytytystapa	Aloitepanos	Aloitepanos	Aloitepanos	Aloitepanos	Aloitepanos
Pakkaskestävyys	Toimintavarma - 25 °C saakka	Toimintavarma - 25 °C saakka	Toimintavarma - 25 °C saakka	Toimintavarma - 25 °C saakka	Toimintavarma - 25 °C saakka
Vedenkesto	-	-	Lyhytaikainen	-	-

3.1.3 Kemix-putkipanokset

Kemix-putkipanoksia käytetään kaikenlaisessa louhinnassa, joissa porareikään halutaan räjähdysainemäärä tarkkaan (taulukko 5). Putkipanokset soveltuvat erinomaisesti tarkkuuslouhintaan. Ominaispainonsa sekä erinomaisen vedenkestonsa ansiosta se soveltuu loistavasti kohteisiin, jossa räjähdysaine on alttiina vedelle. Kemix-putkipanoksissa käytettävä räjähdysaine on vesi-öljyssä-emulsiota. Olomuodoltaan rasvamainen ja valkoisen-kellertävä värittään. Tuotetta on saatavana erikokoisina (taulukko 4). (Vuolio, Halonen 2012, 64)

taulukko 4. Kemix-putkipanoksen tuoteluettelo (Forcit.fi.)

Nimi	halkaisija mm	Pituus mm	Paino g	ltk:ssa kpl	ltk:ssa / kg netto
Kemix-putkipanos 17 x 1000	17	1000	220	113 (85)*	25 (19)*
Kemix A-putkipanos 22 x 1000	22	1000	420	59 (55)*	25 (23)*
Kemix A-putkipanos 25 x 1000	25	1000	550	45 (40)*	25 (22)*
Kemix A-putkipanos 29 x 1000	29	1000	740	33 (30)*	25 (22)*
Kemix A-putkipanos 32 x 1000	32	1000	900	27 (25)*	25 (23)*
Kemix A-putkipanos 39 x 1000	39	1000	1290	19	25
Kemix A-putkipanos 51 x 1000	51	1000	2380	9	24

Räjähdystekniset ominaisuudet

Taulukko 5. Kemix-putkipanoksen räjähdystekniset ominaisuudet (Forcit.fi.)

Ominaisuus	Yksikkö	Kemix-pp 17 mm	Kemix A-pp (22 mm ja >)
Räjähdyssaineen tiheys	kg/dm ³	1.0-1.1	1.2
Räjähdysopeus		4500 m/s	Ø17mm > 4200m/s Ø22mm > 4400m/s Ø25mm > 4600m/s Ø29mm > 4800m/s Ø32mm > 5000m/s Ø39mm > 5000m/s
Räjähdyvälitys	cm	min 1 cm	Ø17mm väh. 1 cm Ø22/25/29 väh. 2 cm Ø32/39 mm väh 4 cm
Räjähdysenergia*	MJ/kg	2.9	3.7
Kaasutilavuus*	l/kg	1000	930
Syttymisherkkyys			
Nalliherkkyys		Nalliherkkä -25°C asti	Nalliherkkä -25°C asti
Räjähävä tulilanka		-25 C asti	-25 C asti

3.2 Impulssi-sytytys

Exel-järjestelmä on Nitro Nobelin vuonna 1973 markkinoille tuoma sähkötön impulssiletkujärjestelmä, järjestelmässä sähköjohtimet on korvattu letkuilla. Sähköttömällä järjestelmällä voidaan poistaa sähköisen sytytysjärjestelmän hajavirroista, induktioista ja ukkosista johtuvat tahattomat syttymisen riskit. Exell-sytytyksessä letku on sisäpinnoilta päällystetty reaktiivisella materiaalilla, joka kuljettaa paineaaltoa letkun läpi jopa 2 100 m/s. Letkun päässä paineaalto saa aikaan pistoliekin, joka on niin voimakas, että sytyttää nallin. Letku on ulkohalkaisijaltaan 3 mm, ja siihen ei vaikuta letkun läpi menevä shokkiaalto. Tämän takia letku ei sytytä sen kanssa muita kosketuksessa olevia räjähdysaineita. (forcit.fi.)

Exel on epäherkkä sähköisille tekijöille, paitsi suoraa salamaniskua lukuun ottamatta. Se on erinomainen, kun sähköistä järjestelmää ei pysty käyttämään tai sähköisen sytytysjärjestelmän käyttö ei ole sallittua. Exel järjestelmä eroaa myös muista ei-sähköisistä järjestelmistä siten, että palaessaan siinä tapahtuva reaktio pysyy letkun sisällä toisin kuin esim. räjähtävässä tulilangassa joka nimensä veroisesti räjähtää noin 6500 m/s nopeudella ja saa aikaan korkeapaineisen paineaallon. (forcit.fi.)

Exell-järjestelmään kuuluu kolmea erilaista sytytysjärjestelmää: (Forcit.fi)

- Exel MS
- Exel UNIDET
- Exel LP

3.2.1 Exel MS

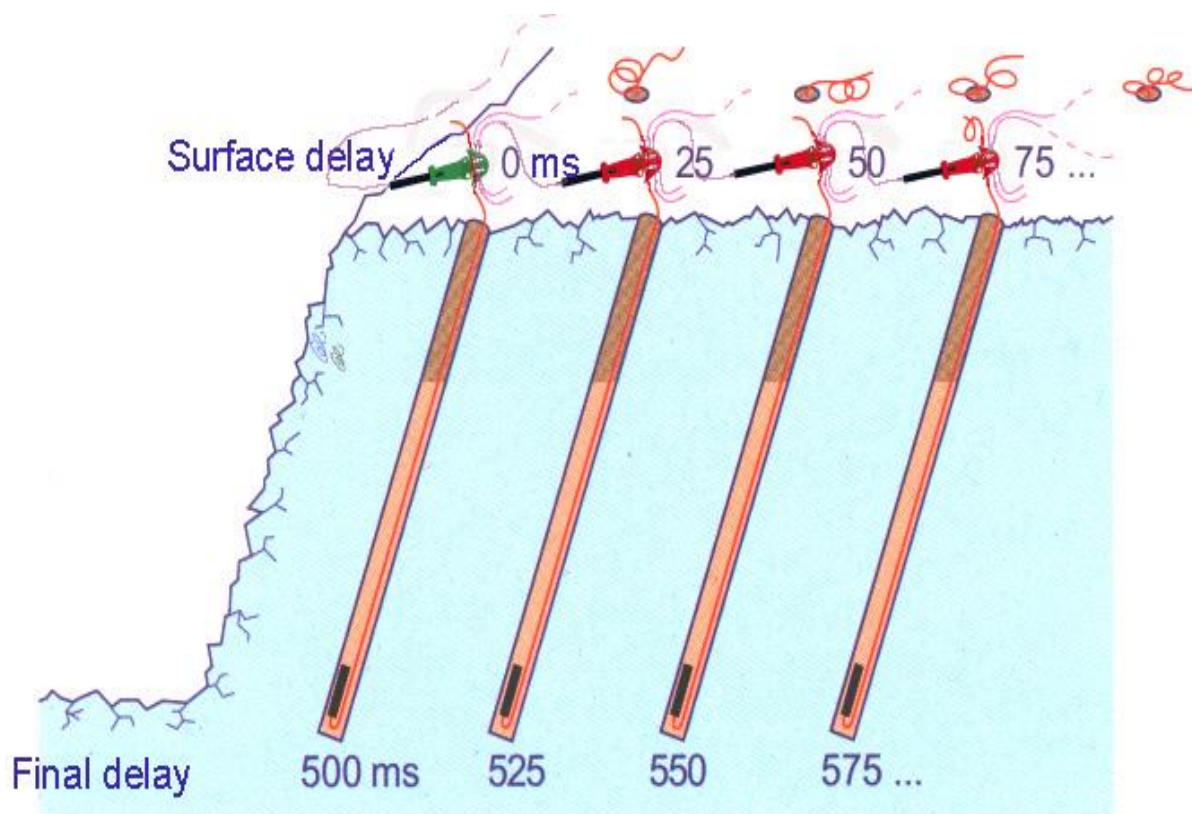
Exel MS sytytysjärjestelmässä kaikkien numeroiden välillä on 25 ms hidastus. Järjestelmässä on 18 nallinumeroa alkaen numerosta 3 (75 ms) ja päättyen numeroon 20 (500 ms). Nallien intervalli on 25 ms. Kentän sytytyksessä yleisesti käytetään räjähtävää tulilankaa tai pintakytkin kappaleita. MS nalleja käytetään erityisesti pengerlounhinnassa maan alla sekä päällä (kuva 7), vedenalaisessa lounhinnassa sekä levysorroslounhinnassa. Kallion tilavuus kasvaa noin 50 % räjäytettäessä, jonka takia nopealle tilavuuden kasvulle on oltava tilaa. Nyrkki sääntönä on, että kiven täytyy siirtyä noin 1/3 osa edusta ennen kuin seuraava leikkaus räjähtää (kuva 6). Tarvittavaan hidasteaikaan vaikuttaa moni asia, mutta pääsääntönä voi pitää 10 ms/m etua kovassa kalliassa ja 30 ms/m etua pehmeässä kalliassa. (Forcit.fi.)



Kuva 7. MS-nalleilla kytketty louhos (Mikko Koponen 2015-08-23.)

3.2.2 Exel UNIDET

Exel Unidet sytytysjärjestelmä perustuu pintakytkin kappaleilla räjäytykseen. Kaikkiin räjäytettävän kentän reikiin laitetaan samalla hidasteella oleva nalli. Syttymisjärjestys tehdään kentän pinnalla pintakytkimillä, joilla kaikilla on hidasteaika. Tärkeintä on laittaa räjähdysnalliin niin iso hidasteaika esim. (500 ms), että kaikki pintahidasteet ehtivät syttyä ennen kuin kalliomassa alkaa liikkua. Reikäpituuden ollessa yli 10 m tai kallion ollessa rakoilutta on suositeltavaa käyttää kahta räjäytysnallia jokaisessa reiässä, koska kallion ollessa rakoilutta on tavallista, että räjähdyspanos katkeaa. Tällöin nalli laitetaan reiän molempiin päihin, pohjanallin hidasteaika on oltava pienempi kuin pintanallin, jotta panos ei syty ensin pintanallista (kuva 8). (Forcit.fi)



Kuva 8. Pohjanallina 500 ms ja lopullinen hidaste pintakytkenä (Forcit.fi.)

3.2.3 Exel LP

Exel LP sytytysjärjestelmä on tarkoitettu tunnelilouhintaan, jossa on tarvetta pidempiin hidaste aikoihin, jotta kivelle saisi enemmän aikaa liikkua. Valmistajasta riippuen LP sarja sisältää 32 nallinumeroa LP 0:sta (25 ms) LP 6000:een (6000 ms). Tunnelilouhinnat useimmiten louhitaan yhdensuuntaisaukaisulla, jossa vähintään yksi, mutta useimmiten useampi avarrusreikä. Avarrusreikien läheisyydessä oleville rei'ille on annettava tarpeeksi aikaa liikkua ja purkautua avarrusreikien kautta, ennen kuin seuraavat reiät räjähtävät. Kalliomassa liikkuu nopeudella 40–60 m/s. Jos porattavan katkon pituus olisi 4 m, tarvitsee kivi 60-100 ms, ennen kuin se on liikkunut avarrusrei'istä pois. Tämän takia tarvitaan vähintään 100 ms hidaste erot, jotta vältetään avauksen palaminen lukkoon ja näin ollen räjähdysen epäonnistuminen (kuvat 9 ja 10). Kun avaus on räjäytetty on "kenttä" rei'illä enemmän tilaa purkautua. Näiden Kalliomassojen halutaan sinkoutuvan mahdollisimman vähän eteenpäin, jolloin kenttä reiät hidastetaan enemmän. Näin saadaan lyhyt yhtenäinen louhekaasa, joka on helppo lastata. (Forcit.fi.)

3.3 Elektroninen-sytytys

Elektroniset nallit (diginallit) on voimakkuudeltaan ja mitoiltaan perinteisen impulssi nallin kaltaisia, mutta niissä on pyrotekninen massa korvattu piirikortilla (kuva 14). Piirikortin avulla nallien syttymishetki voidaan määrittellä millisekunnin tarkkuudella (+/- 0.002 %). Elektroniset nallit soveltuvat niin maanpäälliseen louhintaan kuin maanalaiseen louhintaan ja niiden käyttö on erityisen tärkeää sellaisissa kohteissa, jossa on edellytetään mahdollisimman pieniä tärinöitä ja kivien lohkaroitumisen hallintaa porausmetrit ja geologia huomioon ottaen. Nalleja voidaan kytkeä kerralla 1500 kappaletta samaan kenttään ja lisävarusteiden avulla jopa 3000 nallia. Nalleja on saatava 4 m johdinpituudesta aina 80 m johdinpituuteen. Nallit sisältävät 1 gramman räjähdysainetta (0,8g petn ja 0,2g lyijyatsidia) (taulukko 6). (Forcit.fi.)

Elektroniset nallit ovat täysin erilaisia käyttöomaisuuksiltaan, kuin perinteiset Impulssi nallit vaikka voimakkuus ja mitat ovat samat. Nalleja voi käyttää ainoastaan siihen järjestelmään kuuluvalla laukaisuyksiköllä, Impulssi nallien sytytyskojeella ei voi sytyttää elektronisia nalleja. Järjestelmä luokoodatun kaksisuuntaisen yhteyden laukaisuyksikön, nallien ja ohjelmointiyksikön välille (kuva 11). (Forcit.fi.)

Tämän tyyppinen yhteys nallien ja yksiköiden välillä (Forcit.fi.)

- Mahdollistaa yksilöllisen syttymisajan jokaiselle nallille
- Takaa kentän tarkastettavuuden laukaisupaikalta
- Lataa ja kontrolloi energiaa jokaiselle nallille ja vapauttaa sen käyttöön laukaisuhetkellä
- Raportoi kaikista poikkeamista laukaisuyksikölle, yksilöiden ongelman ja nallin
- Estää laukaisun, jos ei käytetä hyväksytyä Valmistajan-laukaisuyksikköä.

Tämänkaltaisen teknologia mahdollistaa paremman sytytystapahtuman hallinnan. Laukaisuyksikkö ja ohjelmointiyksikkö mahdollistavat yhdessä koko laukaisutapahtuman hallinnan ja valvonnan. Turvalisesti ja oikein toteutuneet toimintatavat takaavat tuotteen oikean toiminnan. (Forcit.fi.)

Ohjelmointilaitteella nallien piisiruun syötetään yksilölliset hidasteajat jokaiselle nallille (kuva 12). Käytännössä ohjelmointilaitte lataa nallien ensiökondensaattoriin varauksen, jolla elektroninen kello toimii. Ohjelmointilaitteella nallien laukaisu ei ole mahdollista missään tilanteessa. Hidasteajat voivat valmistajasta riippuen vaihdella välillä 0-14000 ms pienimmän intervallin ollessa vain yksi millisekunti. Hidasteaikojen ohjelmointia voidaan suorittaa kahdella erilaisella tavalla. Ensimmäinen vaihtoehto on syöttää hidasteajat kytkemällä jokainen nalli erikseen ohjelmointilaitteeseen. Toisessa sovelluksessa ohjelmointilaitte on jatkuvasti kytkettynä pääkaapelissa, johon nallit liitetään yksitellen. Kun nallin kytkinkappale kiinnitetään pääkaapeliin, ohjelmointilaitte tunnistaa sen ja hidasteaika voidaan asettaa nalliin. Ohjelmoinnin jälkeen kaapeliin kytketään seuraava nalli. Hidasteajat pystytään tarvittaessa syöttämään ohjelmointilaitteeseen myös etukäteen, jolloin ohjelmointiyksikkö osaa ehdottaa

seuraaville nalleille aina oikeaa hidasteaikaa mikäli nallit liitetään yksikköön oikeassa järjestyksessä. Nallit voidaan tarvittaessa ohjelmoida uudestaan. Ohjelmoinnin yhteydessä jokaiselle nallille määritellään hidasteaikojen lisäksi yksilölliset tunnistenumerot. (Hänninen (2011, 50–51) Davey Bickfordin (2008) julkaisun mukaan.)

Ohjelmoinnin jälkeen tai ohjelmoinnin aikana nallit liitetään kytkinkappaleiden tai tarvittaessa perinteisen rinnankytkennän avulla pääkaapeliin. Tämän jälkeen ohjelmointiyksiköllä suoritetaan kytkennän tarkastukset, jotka jaetaan kolmeen vaiheeseen. Ensimmäiseksi mitataan kytkentäpiirin vuotovirta. Ehjässä kentässä vuotovirta on hyvin lähellä nollaa ja liian iso vuotovirta saattaa aiheuttaa ongelmia laukaisutilanteessa. Vuotovirran ollessa sallituissa rajoissa, suoritetaan seuraavaksi nallien laskenta. Kytkennän aikana ohjelmointiyksikkö lähettää jokaiselle nallille viestin, jonka kytketyt ja toimintakuntoiset nallit kuittaavat. Laskennan lopuksi ohjelmointiyksikkö vertaa saamiaan kuittauksia ohjelmoinnin aikana tallentuneeseen tietoon ja ilmoittaa mahdollisista puuttuvista tai epäkuntoisista nalleista. Kolmannessa tarkastusvaiheessa ohjelmointiyksikkö etsii ja ilmoittaa mahdollisten toimimattomien nallien tunnistenumerot ja Laukaisuvaiheeseen siirrytään vasta, kun ohjelmointiyksikkö ei löydä ongelmia kytkennästä. (Hänninen (2011, 50–51) Davey Bickfordin (2008) julkaisun mukaan.)

Vaarallisen alueen ollessa eristetty ja räjäytykseen annetaan lupa, voidaan pääkaapeli kytkeä laukaisulaitteeseen ja laukaisuproseduuri aloittaa. Tarvittaessa laukaisu voidaan suorittaa kauko-ohjatusti, mutta silloin laukaisulaitteita tarvitaan kaksi. Kaikki tiedot nalleista ja kytkennästä ovat ohjelmointiyksikössä, se pitää asettaa omalle paikalleen laukaisulaitteessa. Seuraavaksi laukaisulaitteeseen kytketään virta ja laitteeseen siirretään ohjelmointiyksikön tiedot. (Hänninen (2011, 50–51) Davey Bickfordin (2008) julkaisun mukaan.)

Laukaisulaite tarkistaa kentän toimivuuden vielä kerran ja antaa luvan laukaisuun, mikäli kenttä on toimintakuntoinen (kuva 13). Seuraavaksi laukaisulaitteella nallien toisiokondensaattoreihin varataan laukaisuun tarvittava varaus. Kun kenttä lopulta laukaistaan, laukaisulaite lähettää digitaalisen viestin jokaiselle nallille erikseen. Nallit ottavat viestin vastaan ja elektroniset kellot käynnistyvät. Nallikohtaisen hidasteajan kuluessa loppuun, toisiokondensaattorin varaus purkautuu, sytykepää kuumenee ja nalli räjähtää. (Hänninen (2011, 50–51) Davey Bickfordin (2008) julkaisun mukaan.)

Esimerkki yhden valmistajan laukaisujärjestelmästä, johon kuuluu seuraavat osat: (Forcit.fi.)

- yksi tai useita ohjelmointiyksiköitä (PU)
 - yksi tai useita daveytronic- laukaisuohjaimia (DBD)
 - kytkentäjohdot
 - johdinliittimet
 - yksi daveytronic- kaukolaukaisin (DRB2)
- (Langaton kaukolaukaisu on mahdollista vain DT SP sarjassa).



Kuva 11. Daveytronic-laikaisujärjestelmä (Forcit.fi.)



Kuva 12. Panostaja Joni Miettinen ohjelmoimassa elektronista nallikenttää (Mikko Koponen 2015-05-20.)



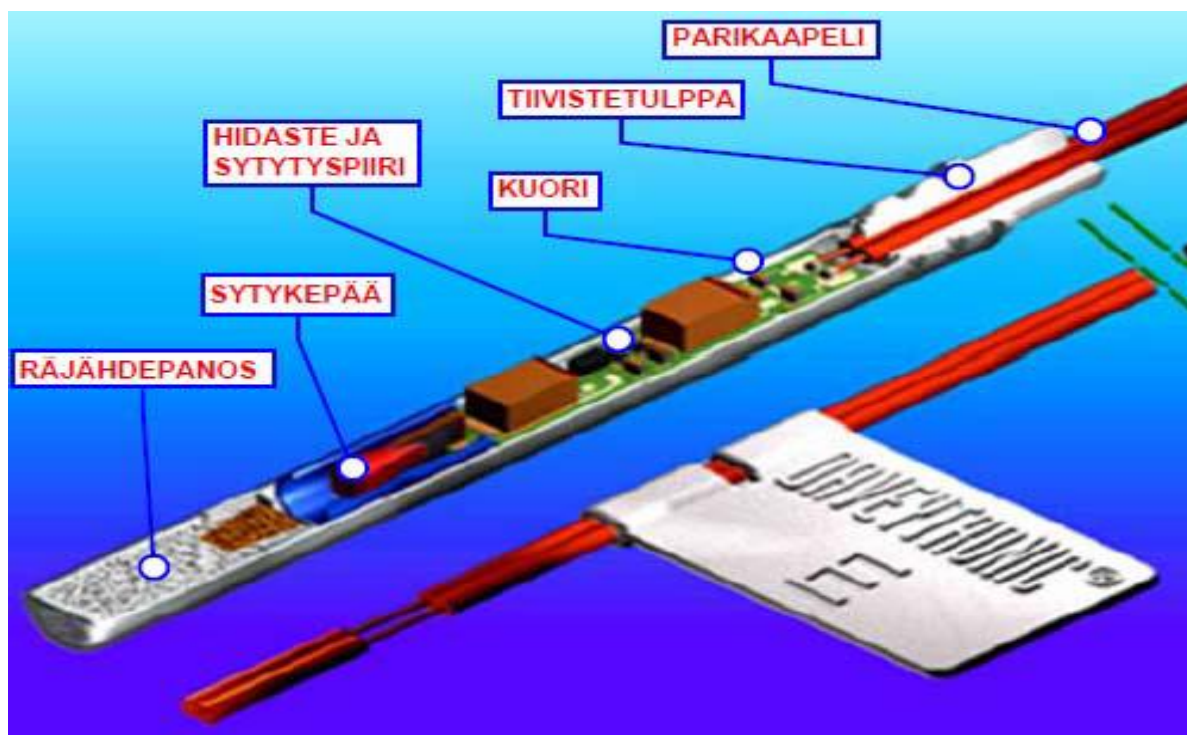
Kuva 13. Kytetty elektroninen nallikenttä (Mikko Koponen 2015-05-20.)

tekniset tiedot

Taulukko 6. Daveytronic -nallien tekniset tiedot (Forcit.fi.)

Daveytronic -nallit

Hidaste	Ohjelmoitavissa ja uudelleenohjelmoitavissa 0 - 14000 ms, 1 ms porrastuksella
Tarkkuus	+/- 0.02 %
Dynaamisen paineen sieto	1050 bar – 15,000 psi – 105 MPa
Nallin vahvuus	Yli #8 (800mg PETN)
Lämpötilat	Varastointi -40/+70°C Käyttö -20/+45°C
Nallin johtimet	Vetolujuus 320N (32Kg) Kaksijohtiminen M50 2 x 0.3 mm terässydän, päällyste HDPE, väri oranssi
Alumiinihylsy	Pituus 85.5 mm; halkaisija 7.5 mm
Käyttöikä	Valmistajan suositus: Nalli on käytettävä kahden vuoden kuluessa valmistuksesta.



Kuva 14. Elektronisen Daveytronic nallin rakenne (Forcit.fi.)

3.3.1 Elektronisten nallien teoreettiset hyödyt/haitat

Elektronisilla nalleilla saatava hyöty perustuu hyvään nallien tarkkuuteen ($\pm 0.002\%$), joustavaan ohjelmointiin, kytkentöjen ja nallien toimintavarmuuden varmistamiseen sekä hidasteaikojen suureen skaalaan (1 ms- 14000 ms). (Forcit.fi.)

Teoreettisesti elektronisten nallien tarjoamat edut ovat: (Vuolio, Halonen 2012, 92.)

- tarkempi haluttu lohkarikoko
- parempi louhintajälki
- pienemmät värinät
- haluttu heitto
- suuremmat louhintakentät
- parantunut työturvallisuus
- alhaisemmat louhinnan kokonaiskustannukset

Yleisesti voidaan sanoa, että elektroninen järjestelmä sisältää Impulssinallien- ja sähkösytytyksen parhaat puolet ja tarjoaa lisäksi äärimmäisen tarkkuuden. Louhintatehokkuuden paraneminen edellyttää kuitenkin, että myös muut louhinnan suunnittelun ja toteutuksen osa-alueet ovat kunnossa. Käyttöturvallisuuden osalta elektroninen nalli on tunteeton sähköisille ärsykeille suoraa salamaniskua lukuun ottamatta. Kentän yksityiskohtainen tarkastaminen käytännössä estää toimimattomia tai kytkemättömiä nalleja sisältävän kentän laukaisemisen ja helpottaa virheiden paikantamista ja korjaamista. (Vuolio, Halonen 2012, 92.)

Elektronisten nallien käytön yleistymisen kannalta tärkein tekijä on niiden kalliin hankintahinnan kompensoiminen. Vaikka teoriassa järjestelmä tarjoaa kiistattomia etuja, tehostavatko ne louhintaa jokaisessa käyttökohteessa riittävästi? Lisäksi järjestelmää on kehitettävä helppokäyttöisemmäksi, koska tietotekniikan ja monien tarkastusvaiheiden tuominen järjestelmään on lisännyt myös sytytysjärjestelmän monimutkaisuutta ja käyttäjien koulutustarvetta. Kehityksen on pohjauduttava asiakkaan tarpeisiin entistä enemmän. (Hänninen (2011, 50–51) Davey Bickfordin (2008) julkaisun mukaan.)

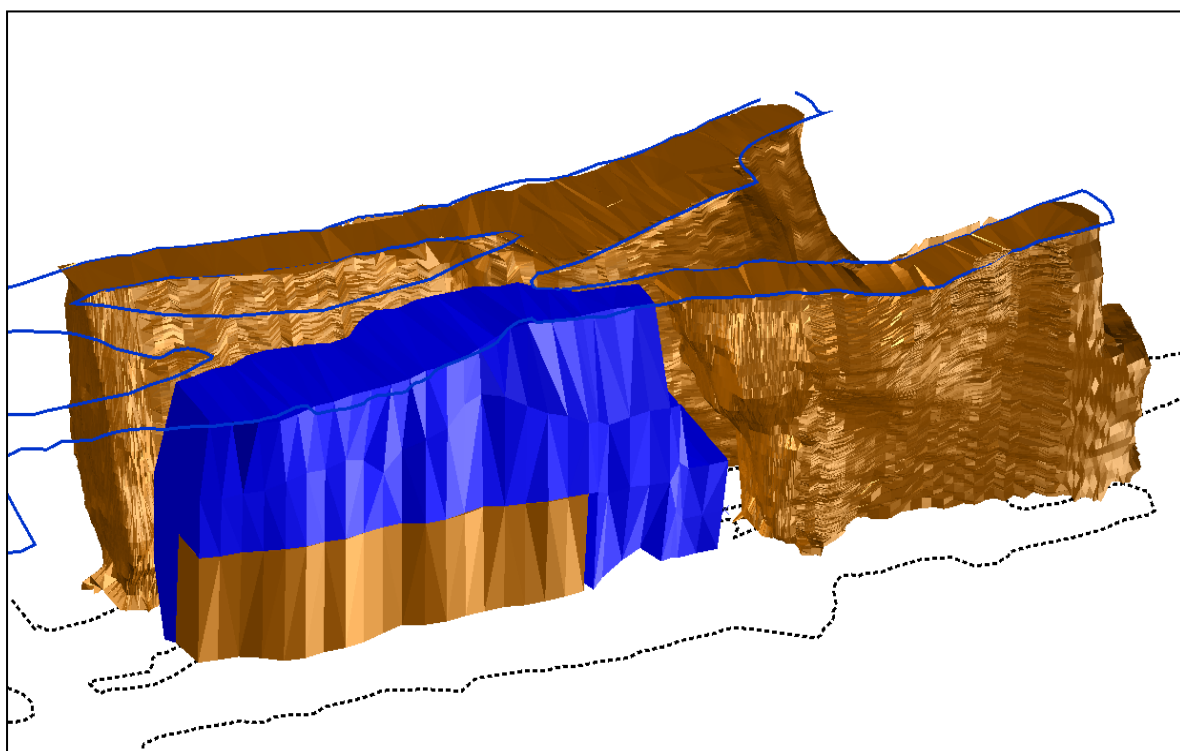
4 ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTTÖ TUOTANNOSSA

4.1 Elektronisten nallien käyttökohteet Kylalahdessa

Kylalahdessa käytetään elektronisia nalleja räjäytyksissä lähinnä louhosten aukaisemisessa ja haasteellisissa louhintapaikoissa, kuten mm. risteysalueilla. Tämän opinnäytetyön tutkimisajankohta sijoittui 1.5.2015 - 31.8.2015 väliselle ajalle. Sillä aikavälillä elektronisia nalleja käytettiin kuudessa eri räjäytyksessä. Opinnäytetyössä tutkittiin niistä neljän räjäytyksen vaikutuksia louhimiseen ja sen kustannuksiin. Valituissa louhoksissa käytettiin louhinnan aikana impulssi sekä elektronisia nalleja, jolloin oli hyvä tehdä vertailuja nallien välillä.

4.1.1 Louhos 210kpL7

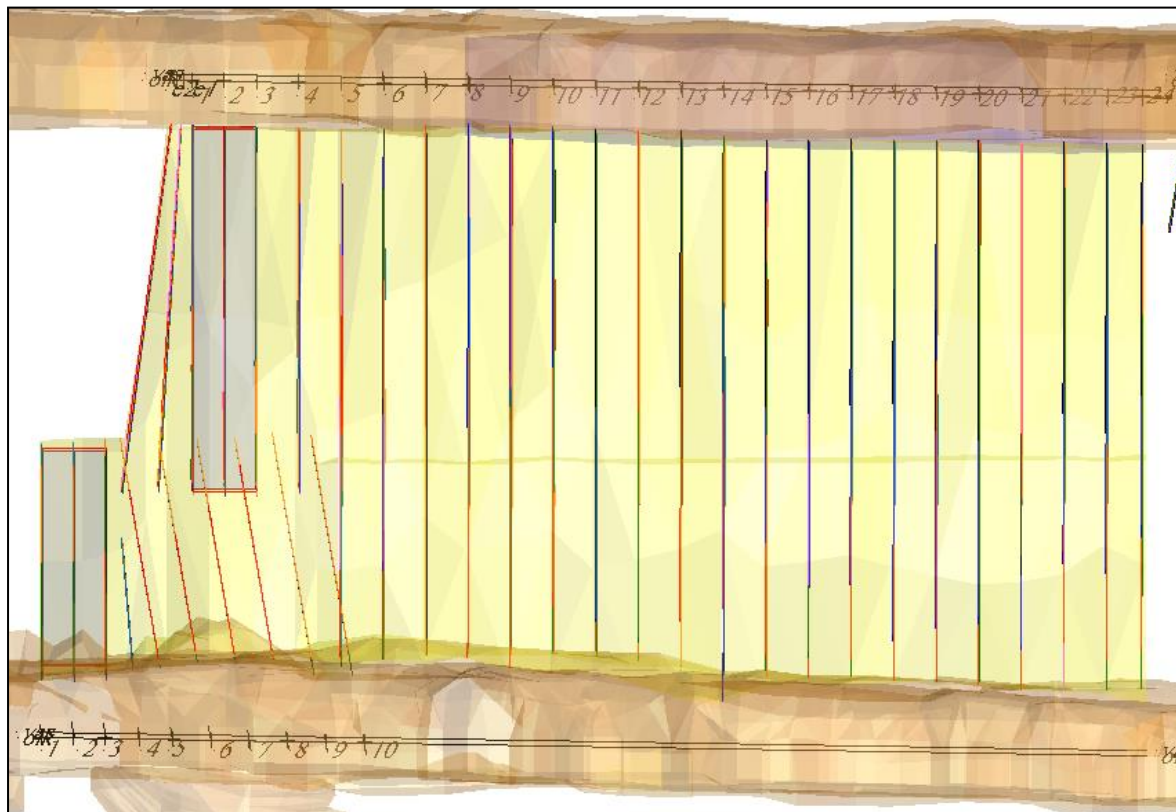
180p2:sen ja 210p3:sen perien välissä sijaitseva louhos (kuva 15). Louhoksen pituus n. 49 m, korkeus n. 25 m ja leveys n. 12 m. Louhos koostui 26:sta alakätisestä leikkauksesta ja 31:stä yläkätisestä leikkauksesta (kuvat 16 ja 17). Louhoksessa oli 5 430 tn raakkuosuus, joka louhittiin kokonaan yläkätisenä.



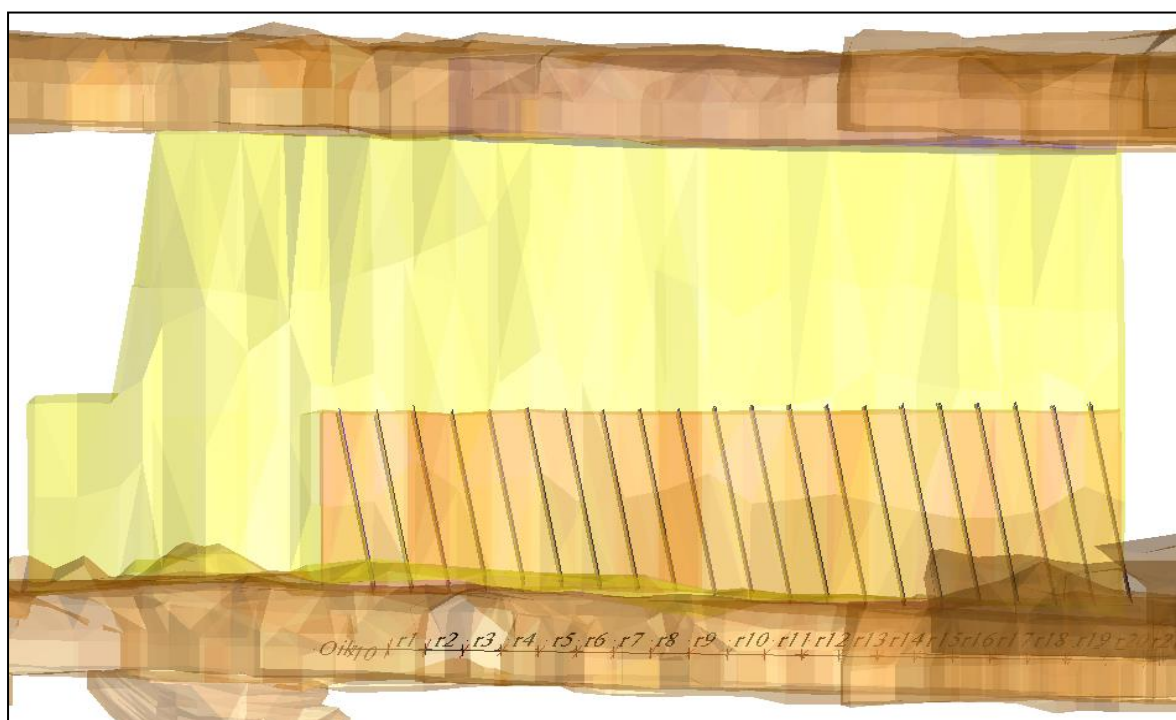
Kuva 15. Louhoksen sijainti. Sinisellä näkyy malmin osuus ja louhoksen alaosassa näkyy raakkuosuus. Kuvassa näkyy myös jo louhitut louhokset 210jpL4, 210jpL5 ja 210kpL8 (Boliden kylälahti.)

Louhoksen jalkapuoli koostui pääasiassa kvartsista ja kattopuoli kvartsista sekä tremoliittikarsista. 210 tasolla viereisiä louhittuja louhoksia oli 210kpL8, 210jpL5 ja 210jpL4.

Louhos aloitettiin louhimalla yläkätinen nousu ja levitykset, jonka jälkeen louhintaa jatkettiin 10:n yläkätisen leikkauksen louhinnoilla. Nämä olivat louhoksen ainoat yläkätiset malmilouhinnat. Yläkätinen osuus louhittiin impulssi nalleilla. Tämän jälkeen louhos avattiin elektronisilla nalleilla louhimalla alakätinen nousu, levitykset sekä etuleikkaukset.

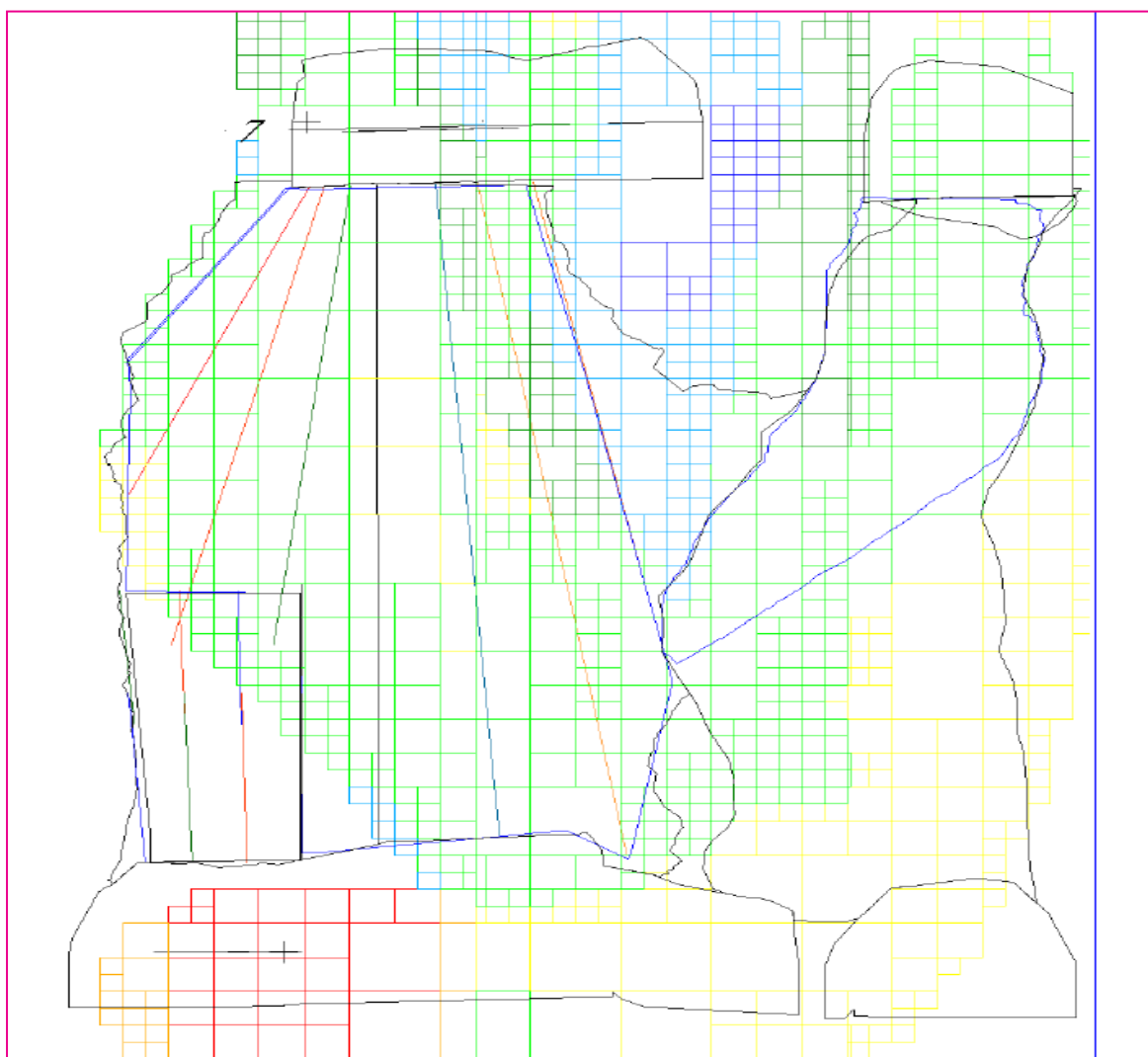


kuva 16. Yläkätisen- ja alakätisen nousun paikat. Kuvassa näkyy myös 10 yläkätistä malmi leikkausta sekä pitkät alakätiset leikkaukset louhoksen jalkapuolelle (Boliden kylälahti.)



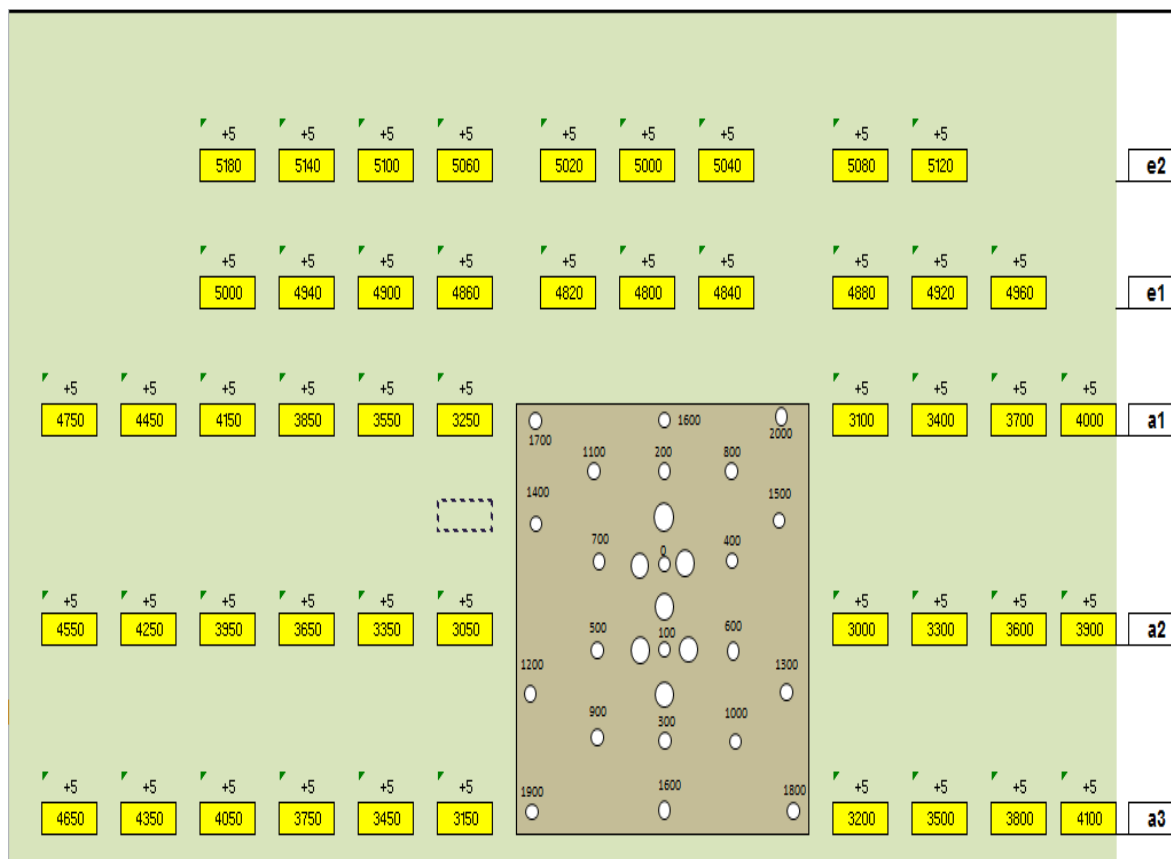
kuva 17. Yläkätiset raakku leikkaukset louhoksen kattopuolella (Boliden kylälahti.)

Louhos oli haasteellinen, sillä sen avaus oli kapea, mutta avauksen jälkeen louhos leveni. Iso raakkuosuus 21:stä yläkätisestä raakkuleikkauksesta, jotka päädyttiin louhimaan vuoronperään alakätisten malmileikkausten kanssa. Louhos vaati aina tyhjiin lastauksen jokaisen räjäytyksen jälkeen, jotta malmit ja raakut eivät olleet sekaisin. Yläkätinen osuus louhittiin kokonaan impulssi nalleilla. Haasteita louhinnassa tuotti myös viereinen 210jpL4:sen täyttö, koska alakätisten leikkausten 8 - 9 louhinnan yhteydessä täytöstä valui raakua ja sekoittui louhokseen. Alakätisten leikkausten 10 - 12 louhinnan yhteydessä 210jpL4:sen täytön reuna sortui (kuva 18). Louhoksien välipilarin pettämisen jälkeen, tästä valui raakua noin 1 800 tn, josta raakuksi lastattiin 708 tn. Louhoksen viimeisin räjäytyksen yhteydessä lastausperän katto putosi alas risteysalueen kohdalta. Tämä aiheutti tukemistöitä, jonka ajaksi lastaus jouduttiin keskeyttämään.



Kuva 18. 210jpL4 ja 210kpL7 väliin jätetty V:n muotoinen pilari, joka osittain sortui 210kpL7 louhokseen louhinnan yhteydessä. 210jpL7 täyttö oli osittain tehty kovettuvalla ja osittain raakulla (Boliden kylälahti.)

Elektronisilla nalleilla saavutettiin haluttu lopputulos louhoksen avauksessa. Elektronisten nallien käyttö oli tarpeellista tässä kohteessa, koska avausnousu sisälsi paljon levitys- ja etuleikkauksia, jolloin reikämäärä kasvoi suureksi (kuva 19).



Kuva 19. Nallitus suunnitelma 210kpl7 louhokseen (Boliden Kylylahti.)

Louhoksen arvot blokkimallin kubm046a_nsr mukaan:

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
40550	0,50	0,31	2,16	9,28	0,37	0,17

Suunniteltu saanti 85 %, Laimennus 15 %

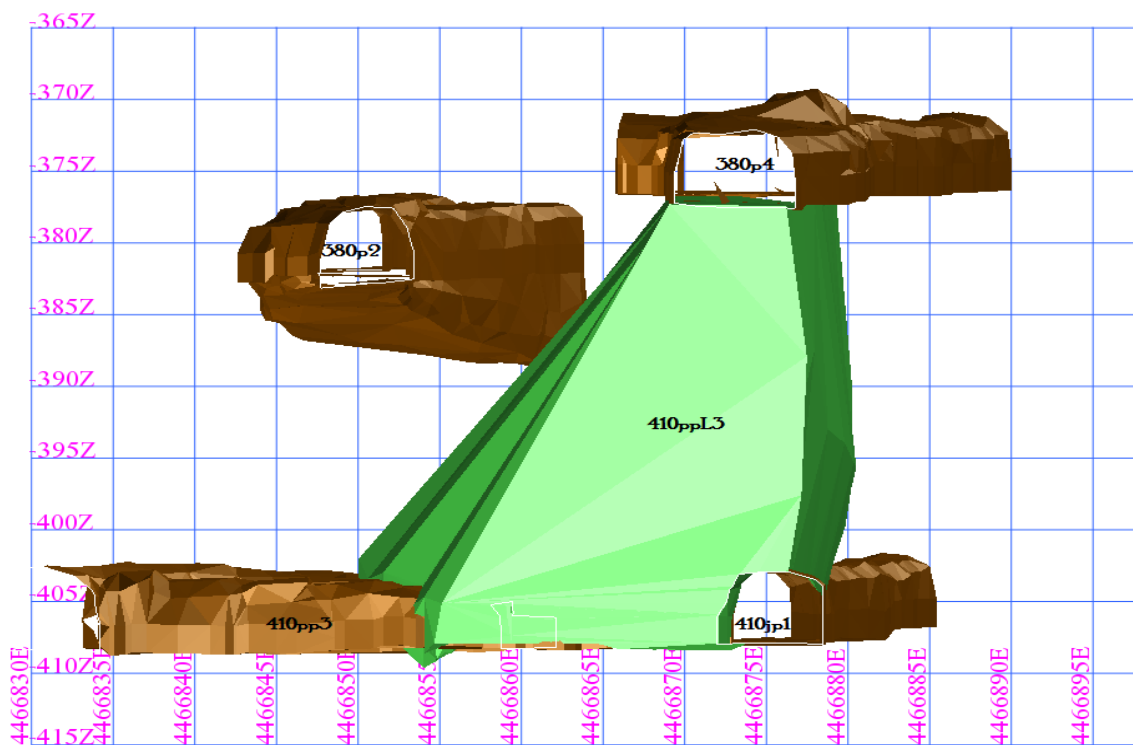
	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
41172	0,47	0,29	1,84	8,97	0,33	0,15

Toteutunut saanti 97,5 %, Laimennus 20,4 % (raakku 9,6 %, täyttö 7,7 %, malmi 3,1%)

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
44570	0,49	0,30	2,03	9,17	0,36	0,16

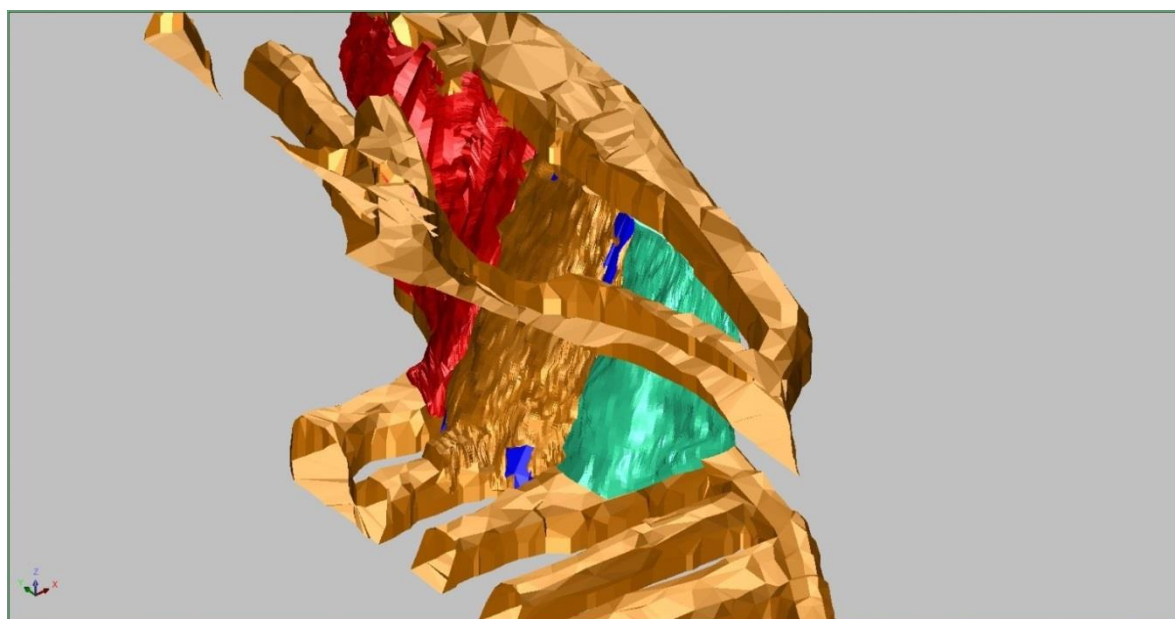
4.1.2 Louhos 410ppL3

Toisen vaiheen louhos, joka sijaitsi perien 410pp3:sen ja 380p4:sen välissä (kuvat 20 ja 21). Louhoksen pituus oli n.28 m, korkeus n. 30 m ja suurin leveys n. 14 m. Alkuperäisessä suunnitelmassa louhos koostui 9:stä alakätisestä sekä 7:stä yläkätisestä leikkaudesta, jossa avausnousut sijaitsivat kohdakkain.



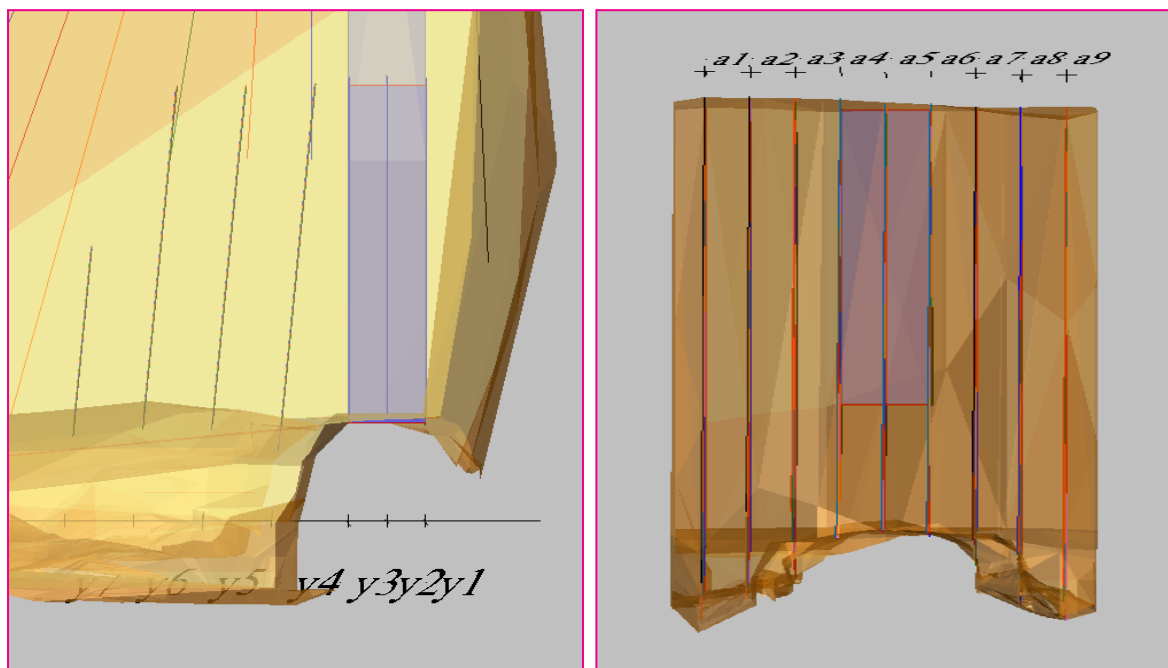
kuva 20. Louhoksen sijainti (Boliden kylälahti.)

Louhoksen jalkapuoli koostui suurimmaksi osaksi karbonaatti- ja kvartsikivestä sekä treskavyöhykkeestä. Kattopuoli oli mustaliusketta. Louhoksen eteläsivulla sijaitsi 410ppL4:sen louhoksen kovettuva täyttö ja pohjoissivulla oli 410jpL2 louhoksen kovettuva täyttö.



Kuva 21. 410ppL3 sijaitsi louhosten 410ppL4 ja 410jpL2 välissä (Boliden kylälahti.)

Alkuperäisessä suunnitelmassa oli tarkoitus louhia yläkätisenä osuutena vain purkutilaa ja louhia louhos muuten pääosin alakätisenä (kuvat 22 ja 23). Kallio oli erittäin rikkonaista, joka aiheutti paljon ongelmia poratessa. Mm. porakanget olivat jumissa useasti, reiät eivät pysyneet auki ja tämän lisäksi pitkät alakätiset reiät (n.30 - 35 m) toivat omat haasteensa hankalissa olosuhteissa. Alaperässä kallion rikkonaisuuden takia putoili paljon kiviä lastauksen yhteydessä.

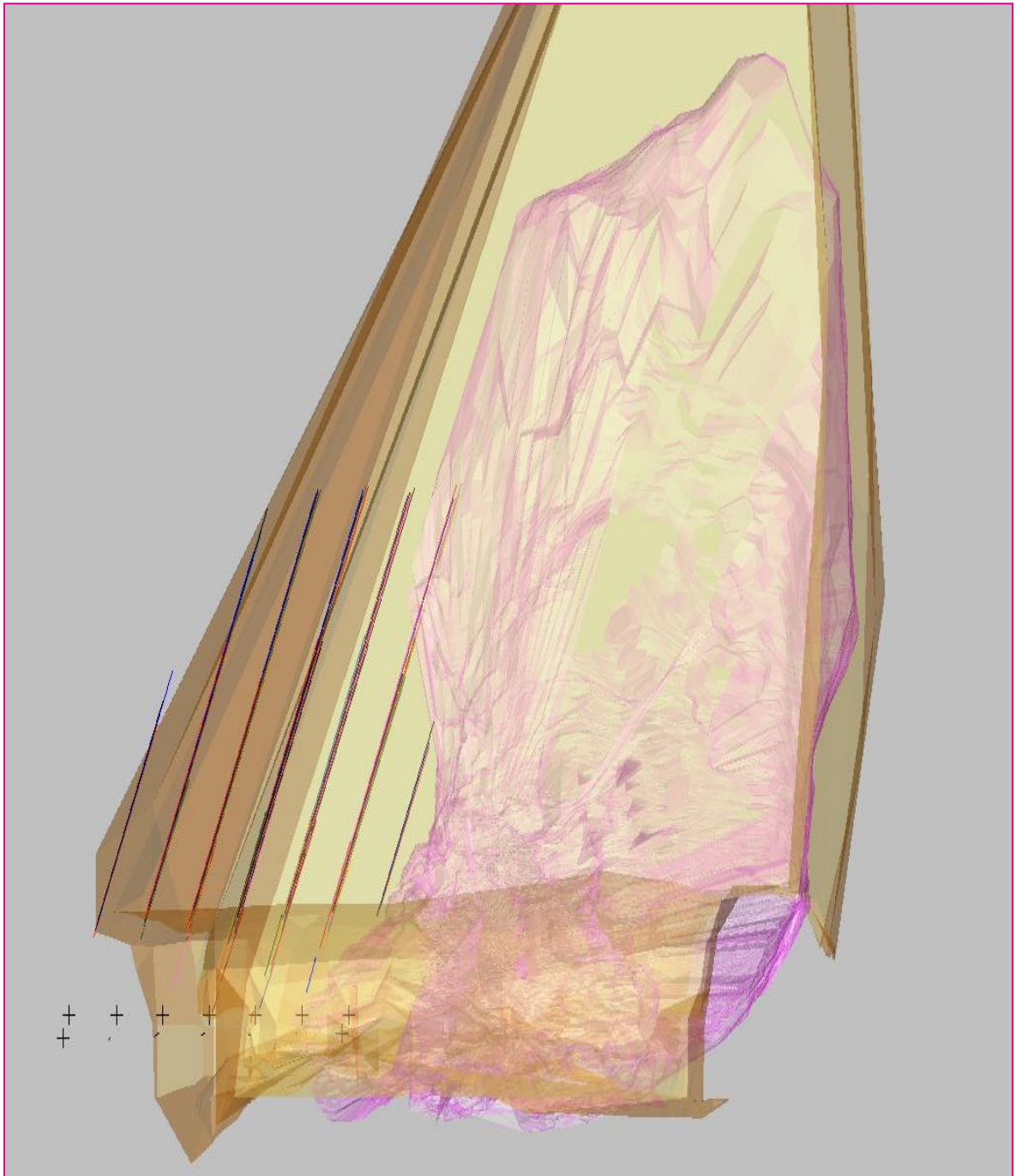


Kuva 22. Alkuperäisen suunnitelman yläkätiset leikkaukset (Boliden kylylahti.)

Kuva 23. Alkuperäisen suunnitelman alakätiset leikkaukset (Boliden kylylahti.)

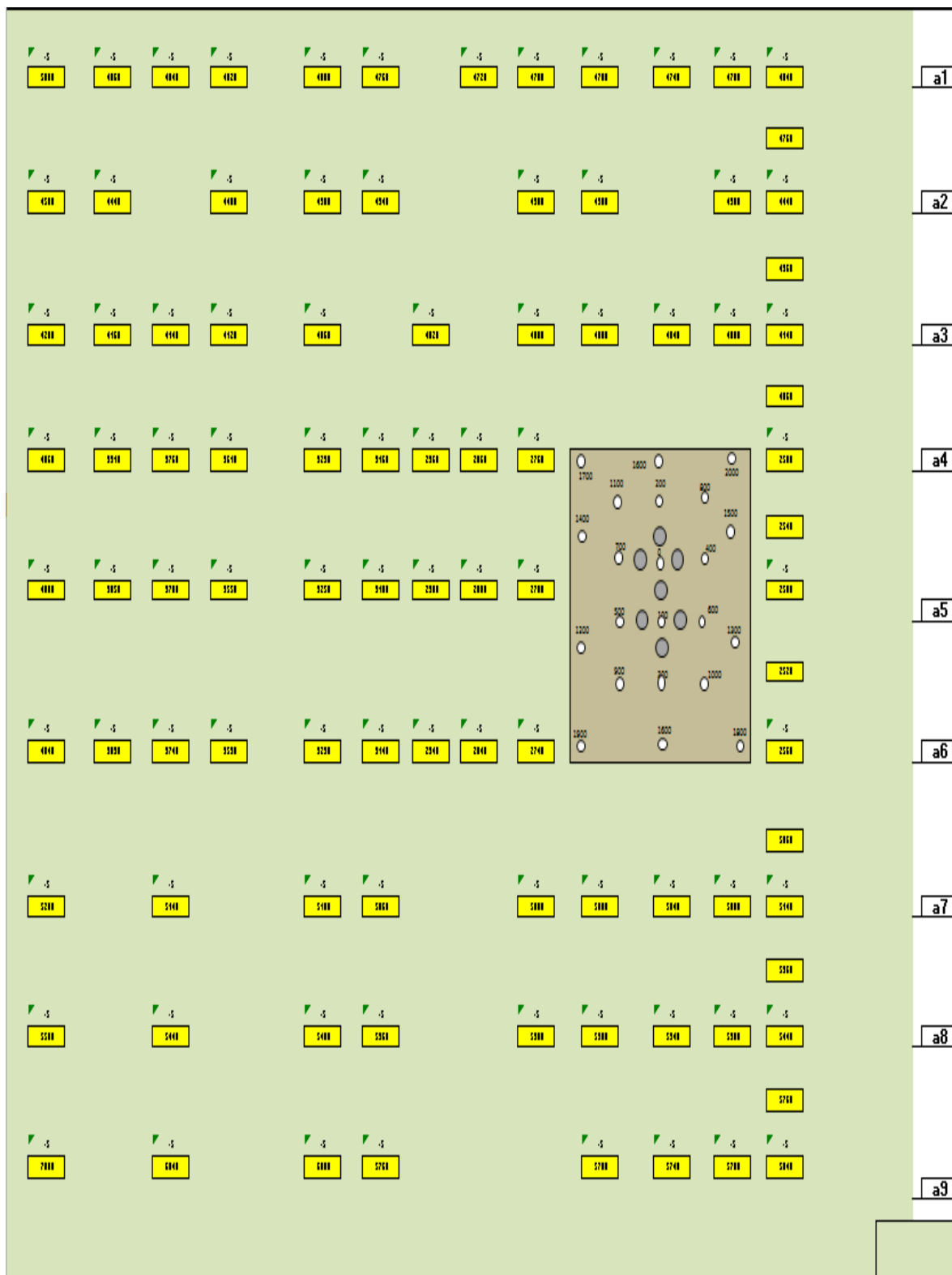
Louhinta aloitettiin yläkätisen nousun ja levitysten louhinnalla, jotka räjäytettiin impulssi nalleilla. Tämän jälkeen louhittiin alkuperäisessä suunnitelmassa olevat yläkätiset leikkaukset. Alakätisiä leikkauksia lähdettiin louhimaan latvomalla jalkapuolen pitkiä reikiä, jolloin tuli haasteita vastaan poraustarkkuuden ja rikkonaisen kallion takia. Jalkapuolen räjäytysten jälkeen päätettiin porata 7 lisäviuhkaa yläkätisenä kattopuolen helman louhimiseksi (kuva 24). Tämän jälkeen yläkätiset lisäviuhkat louhittiin kertäräjäytyksellä.

Viimeisessä räjäytyksessä louhos avattiin ja kaikki alakätiset leikkaukset louhittiin kerralla. Kerralla räjäytettävän kentän kooksi tuli n. 8 000 tn ja räjäytys onnistui olosuhteisiin nähden todella hyvin. Suunnitellut malmi-tappiot alitettiin, mutta ylilouhintaa oli vähän suunniteltua enemmän (kuvat 26 ja 27) juuri louhoksen kattopuolella eli louhoksen viimeisessä räjäytyksessä laimennusta tuli enemmän. Rikotuskertoja oli paljon viimeisen räjäytyksen jälkeen, mutta rikkojen määrään vaikutti suuresti kalliion rikkonaisuus.

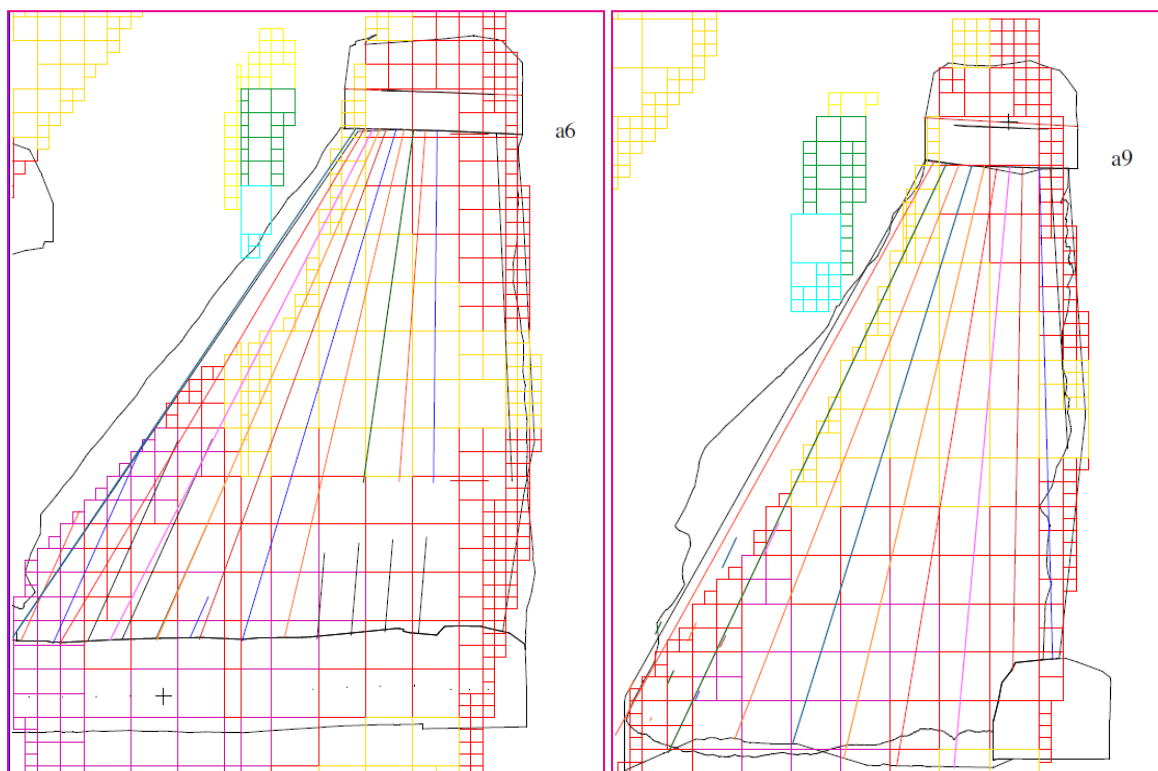


Kuva 24. Kuvassa näkyy jo louhittu jalkapuoli ja kattopuolelle suunnitellut yk-lisäleikkaukset (Boliden kylälahti.)

410ppL3 oli louhoksena haastava, koska kallio oli hyvin rikkonaista. Kuitenkin elektronisilla nalleilla saavutettiin juuri se lopputulos mitä haettiin. Suuremmalla kertäräjätyksellä säästimme usean louhoksen reunan "lipan" putsaus/rusnaus kerran ja reikien aukomiset. Lisäksi lastaukselle luotiin turvallisemmat olosuhteet suuremmalla kertäräjätyksellä.



Kuva 25. Nallitus suunnitelma 410ppL3 louhokselle (Boliden kylälahti.)



Kuva 26. Alakätisen Leikkauksen 6 kohdalla kattopuolen yllouhinta (Boliden kylylahti.)

kuva 27. Alakätisen Leikkauksen 9 kohdalla kattopuolen yllouhinta (Boliden kylylahti.)

Louhoksen arvot blokkimallin kubm046a_nsr mukaan:

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
24818	2,62	0,88	0,69	27,88	0,06	0,41

Suunniteltu saanti 85 %, Laimennus 8 %

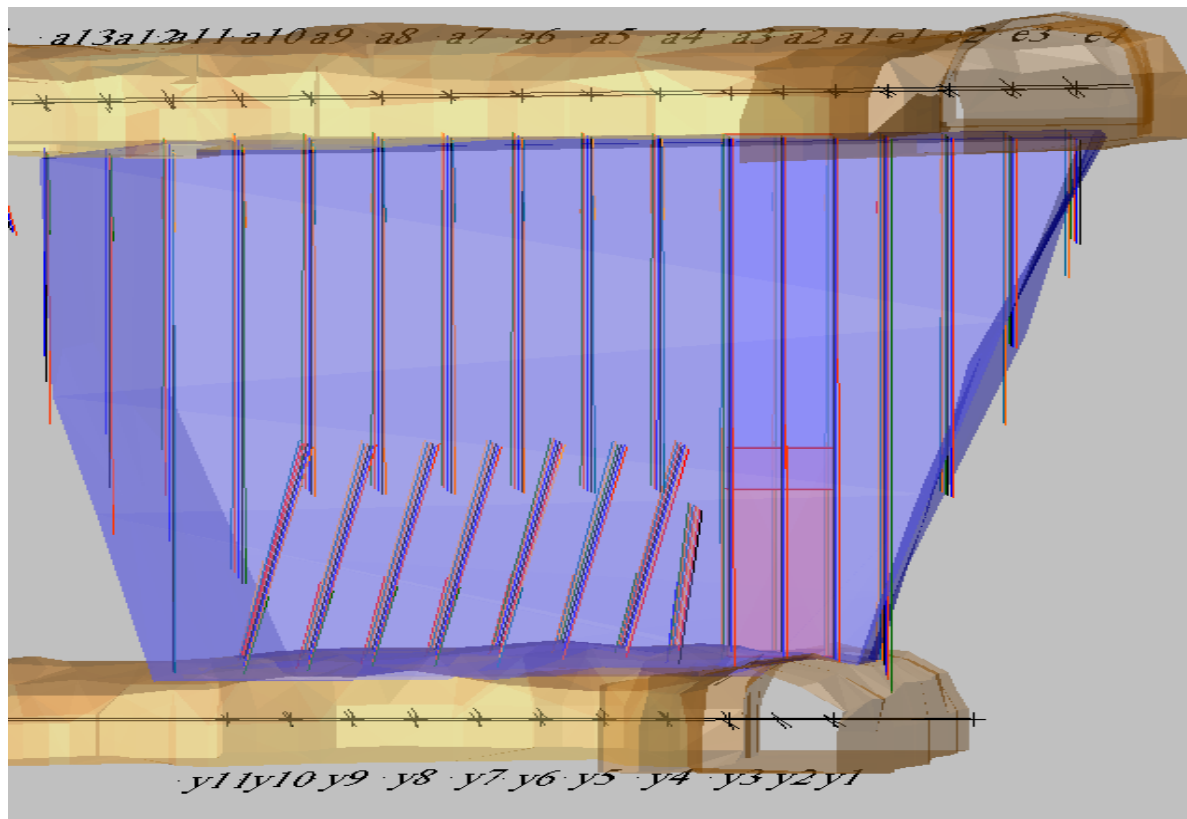
	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
23906	2,34	0,80	0,62	25,17	0,06	0,37

Toteutunut saanti 96 %, Laimennus 17,6 %

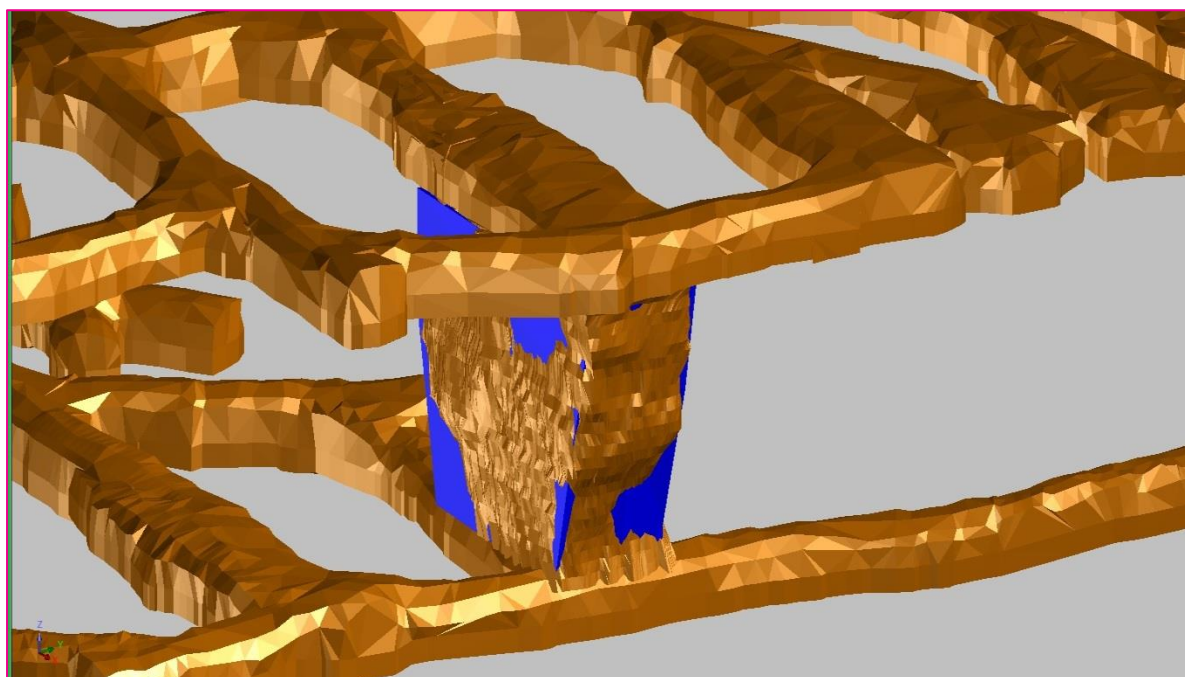
	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
27834	2,50	0,85	0,66	26,56	0,06	0,39

4.1.3 Louhos 470ppL8

Ensimmäisen vaiheen louhos, joka koostui 17:sta alakätisestä leikkauksesta ja 11:sta yläkätisestä leikkauksesta (kuva 28). Louhos sijaitsi perien 470pp8:n ja 440pp8:n välillä (kuva 29). Louhoksen ylä- ja alakätiset nousut olivat kohdakkain ja sijaitsivat leikkausten 1 - 3 välillä.

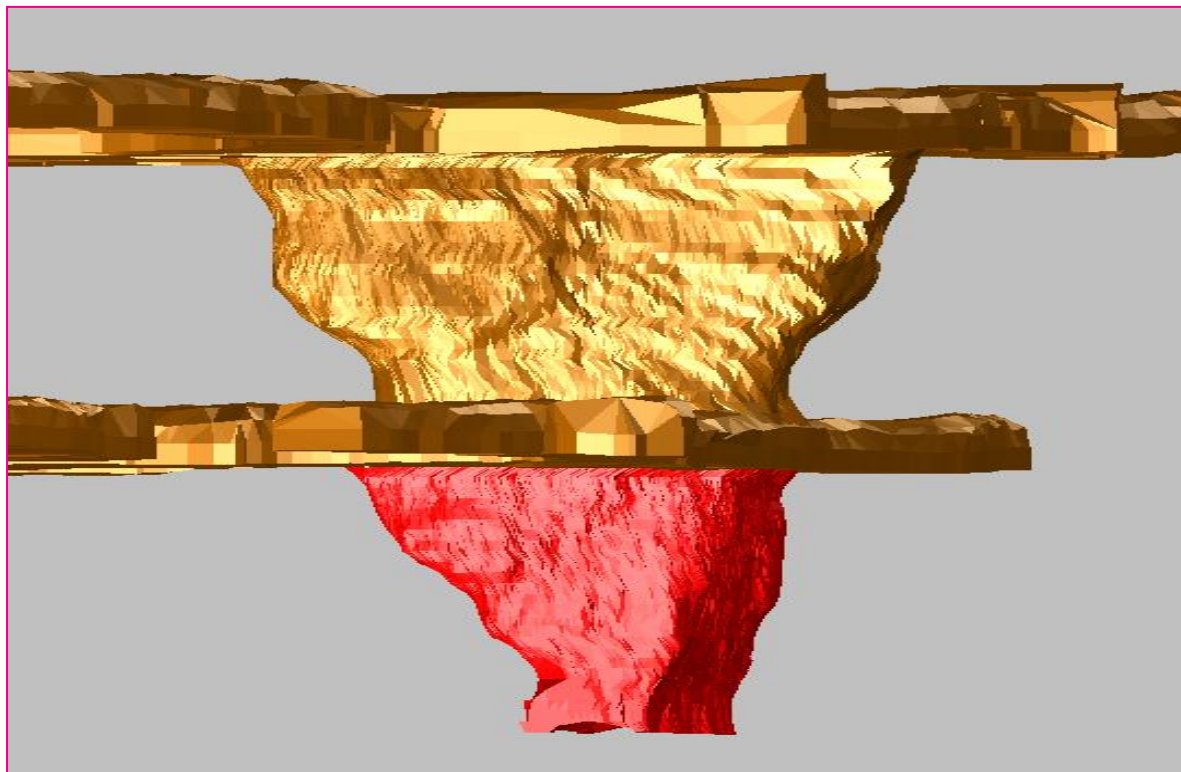


Kuva 28. Yläkätiset ja alakätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)



Kuva 29. Louhoksen 470ppL8 sijainti (Boliden kylälahti.)

Louhos 470ppL8 kuuluu kokonaan Wombat-massiiviin. Kattopuolella oli gap-massiivi lähellä louhos-
ta. Lähin täyttö alapuolella sijaitseva 500ppL8 (kuva 30). Jalkapuolella oli pääasiallisesti tremoliitti-
karsi ja n.5 m:n päässä louhoksesta sijaitsi talkki. Kattopuolella oli kvartsi/karnonaattikivi, kauempa-
na louhoksesta tremoliittikarsi.

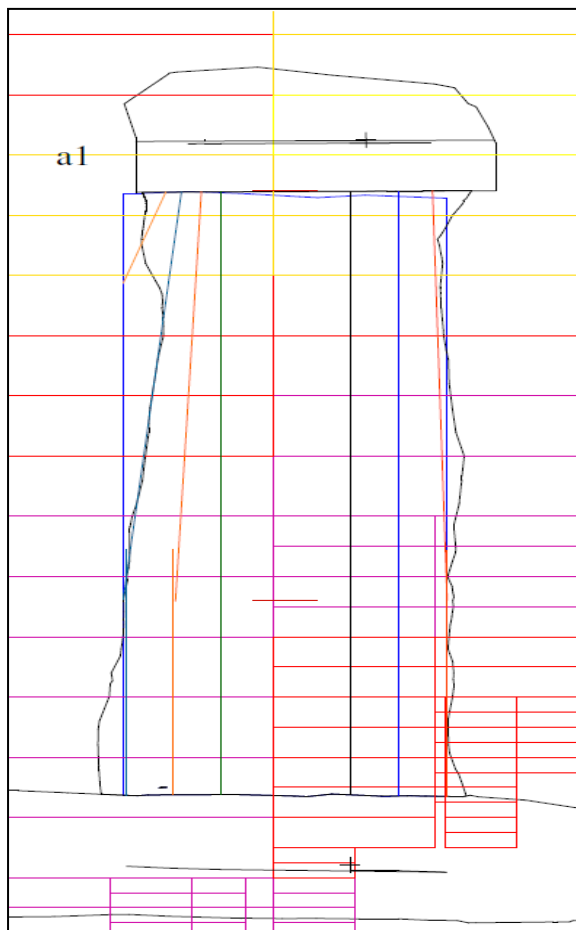


Kuva 30. Alapuolella 500ppL8 jo louhittu louhos (Boliden kylälahti.)

470ppL8 louhos oli kaikkein suurimmassa osassa opinnäytetyötä ajatellen. Elektronisia nalleja käytettiin louhoksen viimeisessä räjäytyksessä, jossa louhittiin 9:n alakätistä leikkausta kerralla normaalin 2 - 3 leikkauksen sijasta. Tämän tarkoituksena oli tutkia, saadaanko elektronisten nallien käytön avulla suuremmilla louhos räjäytyksillä minkälaisia hyötyjä tuotantoon.

Louhos aloitettiin louhimalla ensimmäiseksi yläkätinen nousu ja levitykset impulssi nalleilla. Avauksen jälkeen louhittiin 2 yläkätistä leikkausta, joiden jälkeen 15 m pitkä alakätinen nousu louhittiin kahdessa 5 m:n osassa, joiden jälkeen jäi 5 m kantta. Yläkätistä louhintaa jatkettiin 2:lla leikkauksella, jonka jälkeen louhos avattiin räjäyttämällä alakätinen nousu ja levitykset. Louhoksessa oli 4 etuleikkausta, jotka voitiin jättää louhoksen avauksen yhteydessä räjäyttämättä, sillä yläperässä päästiin kiertämään louhoksen jalkapuolelle. Seuraavaksi louhittiin etuleikkaukset 1 - 4 ja leikkaukset 4 ja 5. Jäljelle jääneet 3 yläkätistä leikkausta louhittiin vielä ennen elektronisilla nalleilla suoritettavaa räjäytystä.

Elektronisilla nalleilla räjäytettiin alakätiset leikkaukset 6 - 13 ja kippiluiska, joka tässä louhoksessa oli myös malmia. Kerralla räjäytettävän kentän koko oli noin 8 500 tn. Räjäytys onnistui hyvin ja sillä saatiin paljon tietoa jatkoa ajatellen. Louhinta tässä louhoksessa onnistui kokonaisuudessaan hyvin, vaikka louhoksen pohjoissivulla oli hieman malmitappiota (kuva 31) ja päinvastoin eteläisivulla yllilouhintaa (kuva 32).



Kuva 31. Pohjoissivulla malmitappiota (Boliden kylälahti.)

Kuva 32. Eteläisivulla yllilouhintaa (Boliden kylälahti.)

Taulukko 7. 470ppL8 diginalli räjäytyksen nallitus suunnitelma (Mikko Koponen 2015-07-29.)

leik.6	70	30	10	0	20	40	80
leik.7	370	330	310	300	320	340	380
leik.8	670	630	610	600	620	640	680
leik.9	1070	1030	1010	1000	1020	1040	1080
leik.10	1470	1430	1410	1400	1420	1440	1480
leik.11	1870	1830	1810	1800	1820	1840	1880
leik.12				2450	2410	2400	2440
leik.13				2950	2910	2900	2940
KL					3420	3400	3440
	reik.7	reik.6	reik.5	reik.4	reik.3	reik.2	reik.1



Kuva 33. 470ppL8 elektronisilla nalleilla räjäytetyt kivet (Tero Kaltiainen 2015-08-25.)

Louhoksen arvot blokkimallin kubm046a_nsr mukaan:

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
20280	2,92	0,85	1,03	20,87	0,10	0,38

Suunniteltu saanti 90 %, Laimennus 5 %

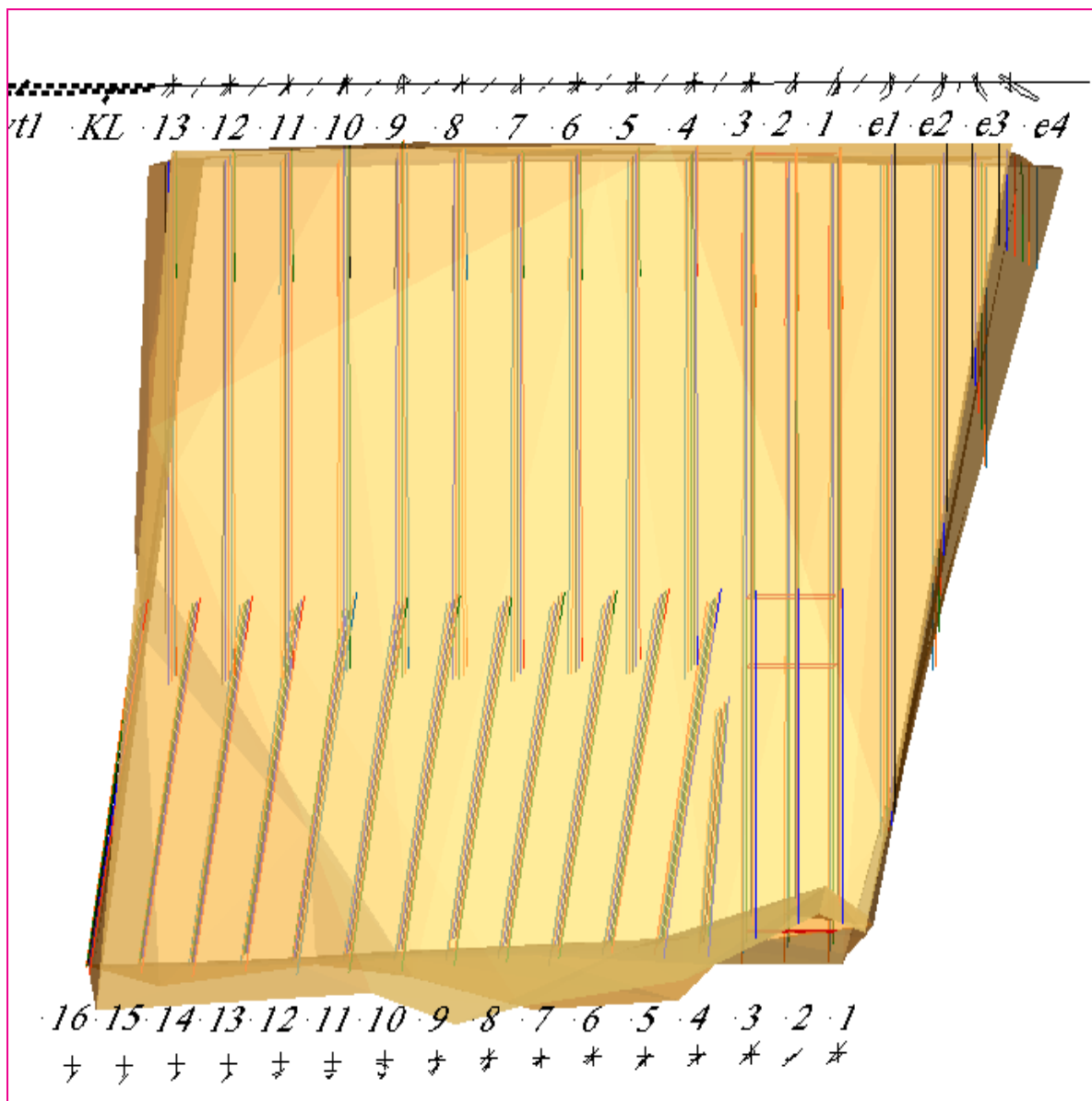
	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
19786	2,77	0,81	0,98	20,00	0,11	0,36

Toteutunut saanti 95 %, Laimennus 10,1 %

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
21260	2,84	0,83	0,99	20,36	0,10	0,37

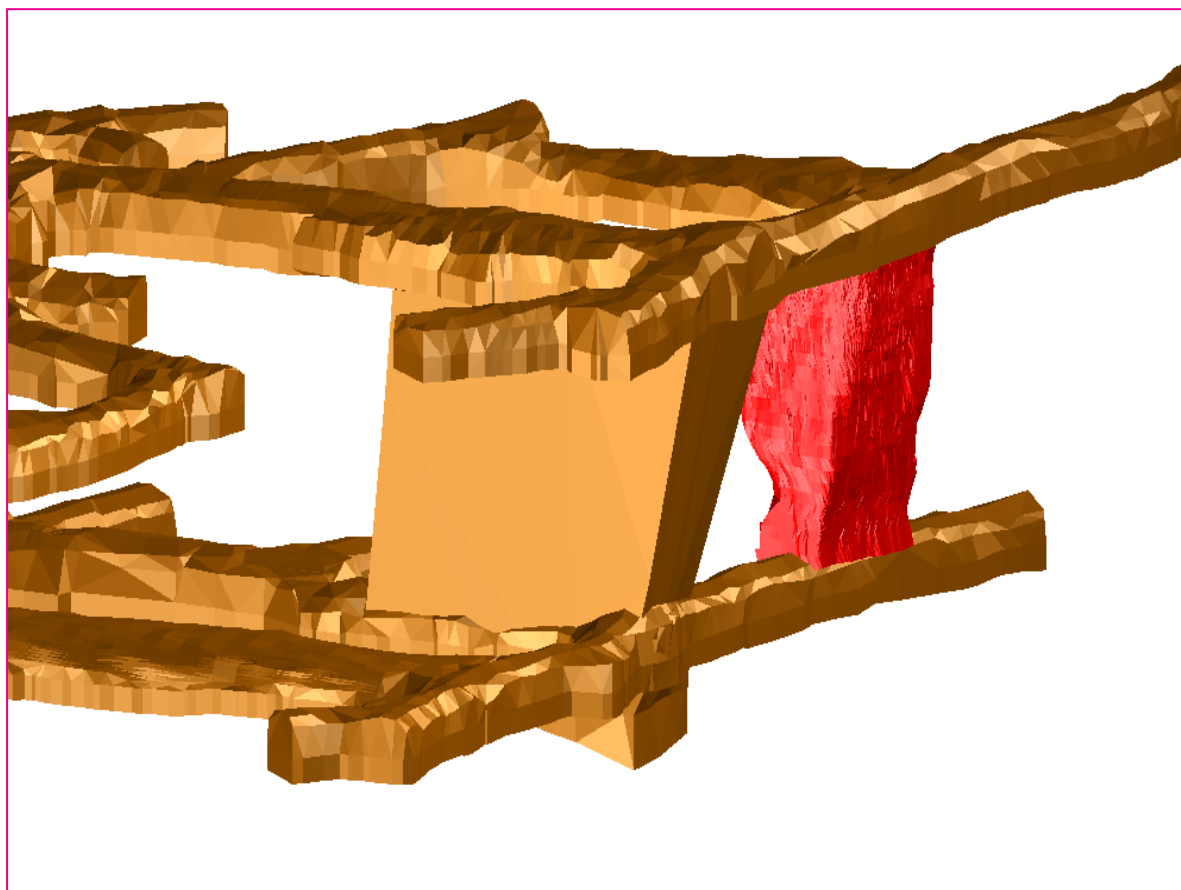
4.1.4 Louhos 500ppL10

Ensimmäisen vaiheen louhos, joka kuului Wombat-massiiviin ja kattopuolen päässä n. 6 m gap-massiivia. Louhos koostui 17:sta alakätisestä leikkauksesta ja 16:sta yläkätisestä leikkauksesta (kuva 34). Louhoksen pituus oli n.30 m, leveys 10 m ja korkeus 24 m. Louhos sijaitsi perien 500pp10:n ja 470pp10:n välillä. Louhoksen avausnousut sijaitsivat kohdikkain.



Kuva 34. Ylä- ja alakätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)

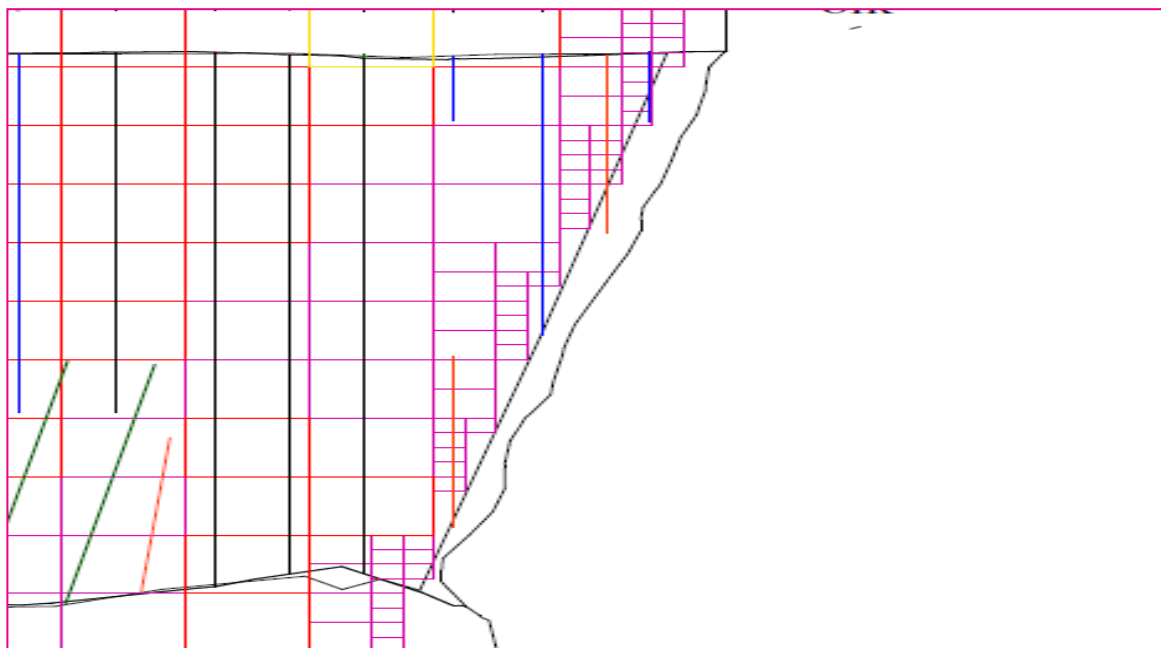
Louhoksen jalkapuolella sijaitsi tremoliittikarsi, kvarti ja n. 8 - 10 m:n päässä louhoksesta talkki. Kattopuolella oli kvarti ja tremoliittikarsi. 500 tasolla oli ennen varsinaista louhimista louhoksen pohja louhittu kynnennostona. Lähin oli täyttö 500ppL8 (kuva 35).



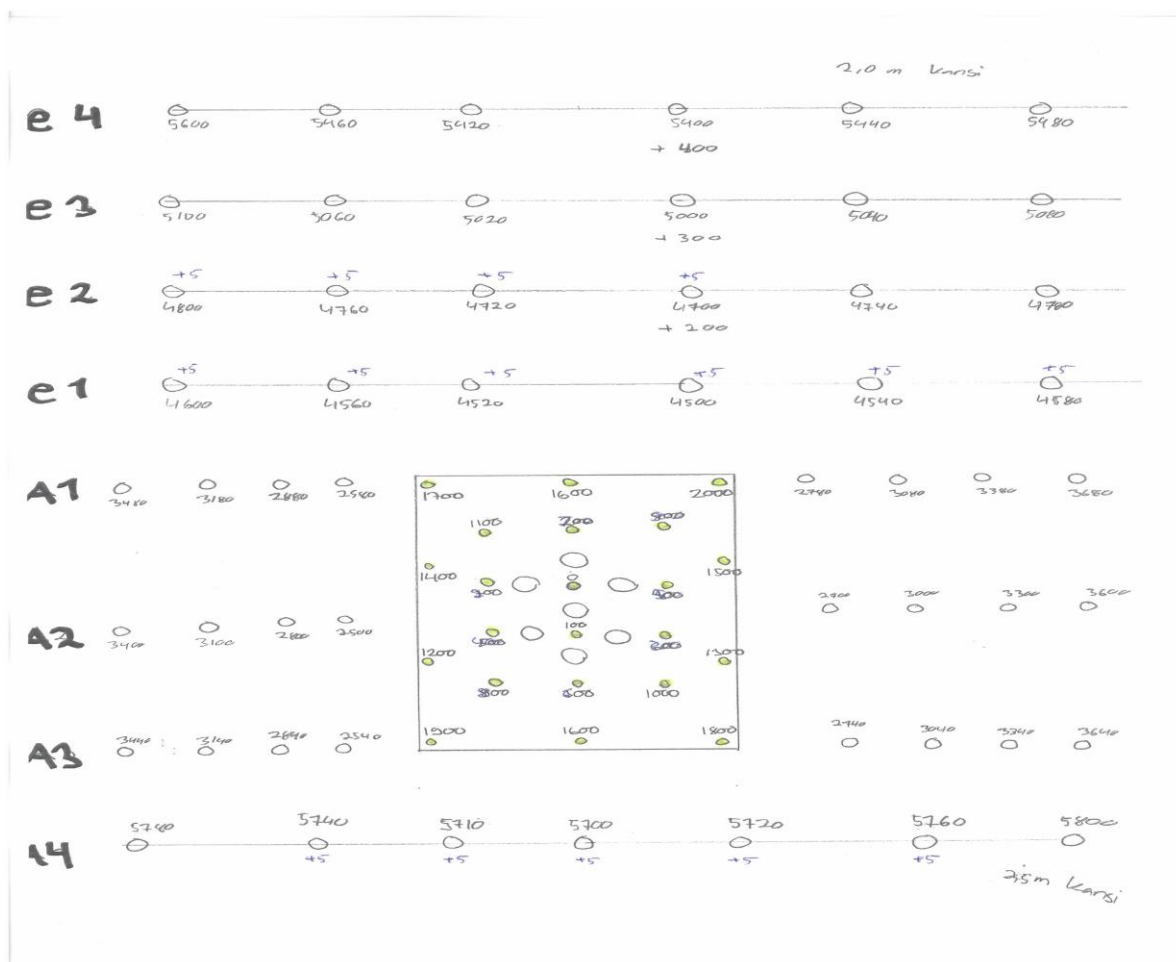
Kuva 35. Louhoksen sijainti, kuvassa näkyy myös 500ppL8 aikaisemmin louhittu louhos (Boliden kylälahti.)

Louhinta eteni räjäyttämällä yläkätinen nousu ja levytykset. Tämän jälkeen louhittiin yläkätiset leikkaukset 4 ja 5. Seuraavaksi 15 m pitkä alakätinen nousu louhittiin kahdessa 5 m:n osassa, josta jäi jäljelle 5 m:n kansi. Elektronisia nalleja käytettiin louhoksen avaukseen. Louhos avattiin räjäyttämällä alakätinen nousu, levytykset, etuleikkaukset 1-4 ja 4 - leikkaus. Kerralla räjäytettävä kentän koko oli noin 5 000 tn. Tämän jälkeen louhinta eteni loppuun asti niin, että louhittiin 2 yläkätistä leikkausta ja 2 alakätistä leikkausta vuorotellen niin, että yläkätisiä leikkauksia vietiin aina 2 edellä.

Louhinta onnistui todella hyvin tässä louhoksessa ja elektronisilla nalleilla saatiin juuri toivottu lopputulos. Elektronisten nallien käyttö louhoksen avauksessa on tarpeen kun louhoksessa on paljon etuleikkauksia (kuva 37), jolloin reikämäärä louhoksen avaamisen yhteydessä kasvaa niin suureksi, että räjäyttäminen MS ja LP - nalleilla on haasteellista.



Kuva 36. Poikkileikkauksesta näkyy hyvin onnistunut louhinta (Boliden kylälahti.)



Kuva 37. 500ppL10 Diginalli räjäytyksen nallitus suunnitelma (Boliden kylälahti.)



kuva 38. 500pL10 Louhoksen diginalleilla räjäytetyt kivet (Mikko Koponen 2015-07-15.)

Louhoksen arvot blokkimallin kubm046a_nsr mukaan:

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
21038	2,07	0,94	0,87	17,73	0,12	0,32

Suunniteltu saanti 92 %, Laimennus 5 %

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
20407	1,98	0,90	0,83	17,15	0,13	0,31

Toteutunut saanti 95,1 %, Laimennus 5,5 %

	Kupari	Sinkki	Kulta	Rikki	Nikkeli	Koboltti
Tonnit	Cu Pct	Zn Pct	Au Ppm	S Pct	Ni Pct	Co Pct
21022	2,06	0,93	0,85	17,58	0,12	0,32

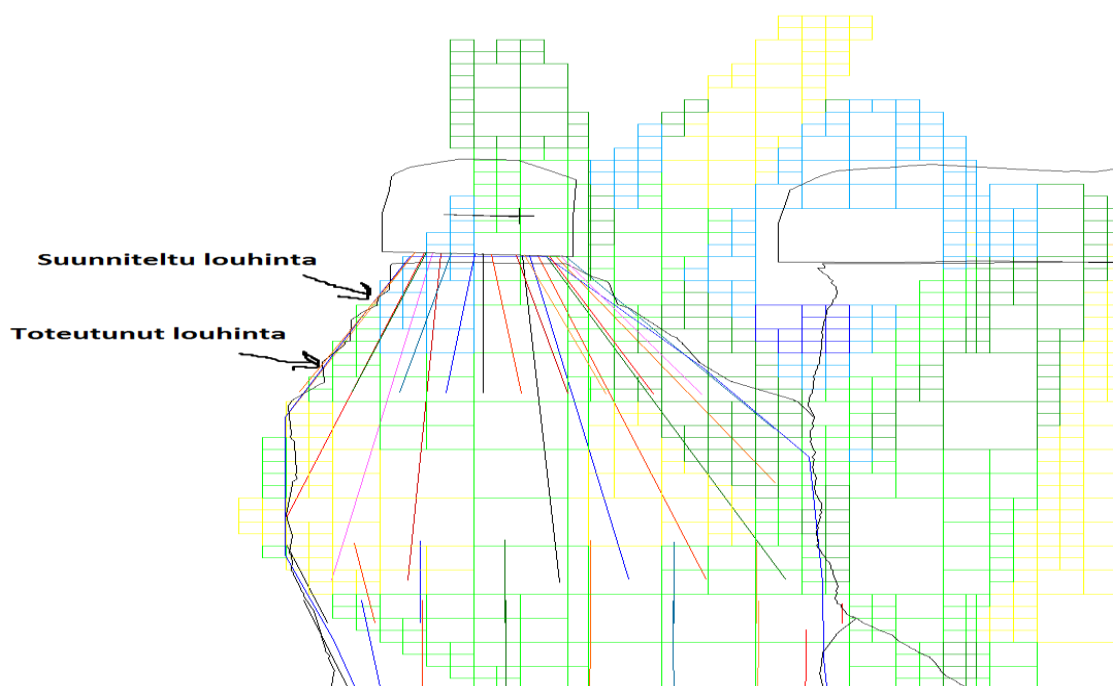
5 ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTÖN VAIKUTUKSET TUOTANNOSSA

5.1 Louhosten skannaus

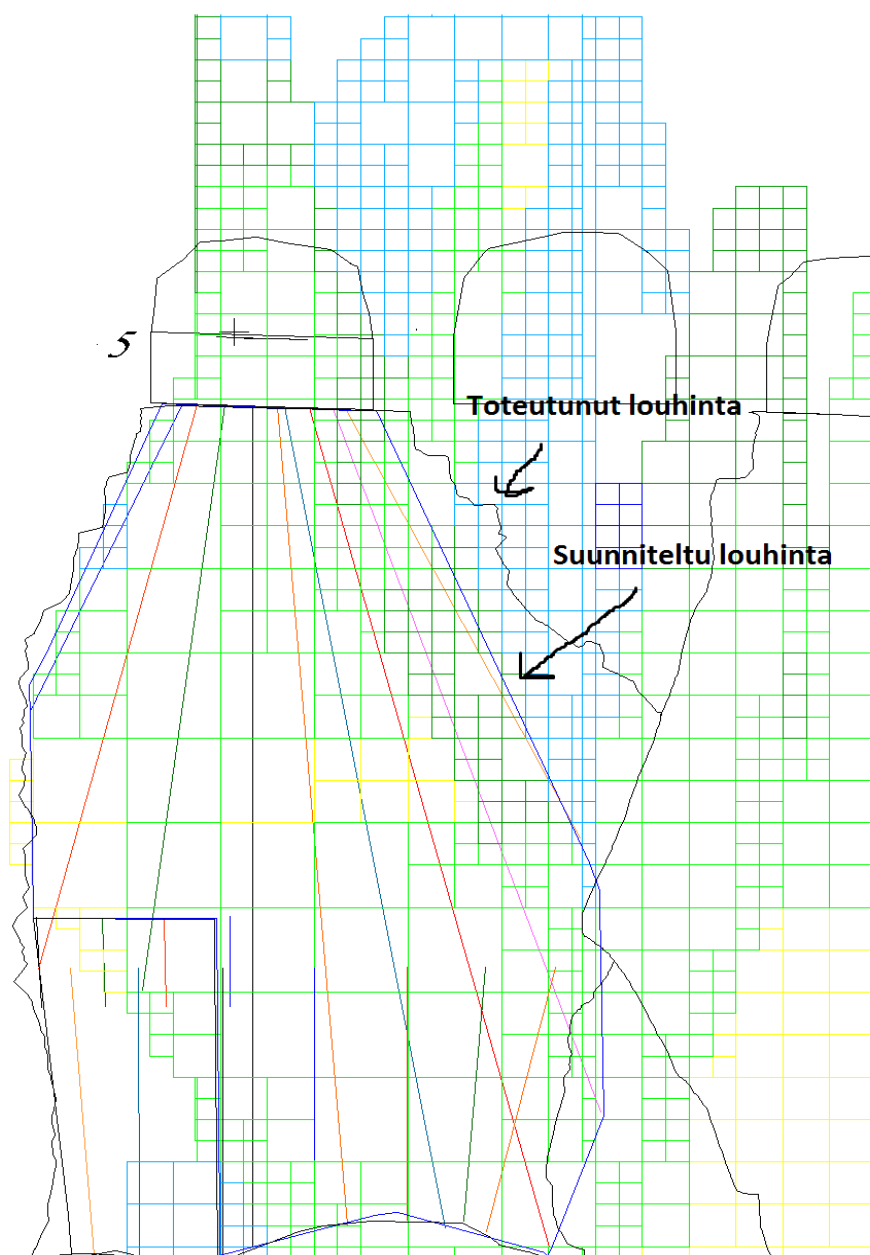
Louhoksen tultua tyhjäksi malmeista, se skannataan ennen täytön aloittamista. Skannaustuloksesta keräämme tiedon mahdollisista malmitappioista tai yلیلouhinnoista. Skannauksen perusteella kerätään tarkempi tieto, kuinka suuri täytön tarve louhoksella on. Skannauksen avulla voimme myös vertailla leikkauskohtaisesti, suunniteltua saantia ja raakkulaimennusta, toteutuneisiin tuloksiin. Tuloksen pohjalta voimme kehittää poraus/panostus suunnitelmia. Tässä on keskitytty vertailemaan millaisia eroavaisuuksia louhintajäljellä on elektronisilla- tai impulssi nalleilla louhittuna.

5.1.1 Louhos 210kpL7

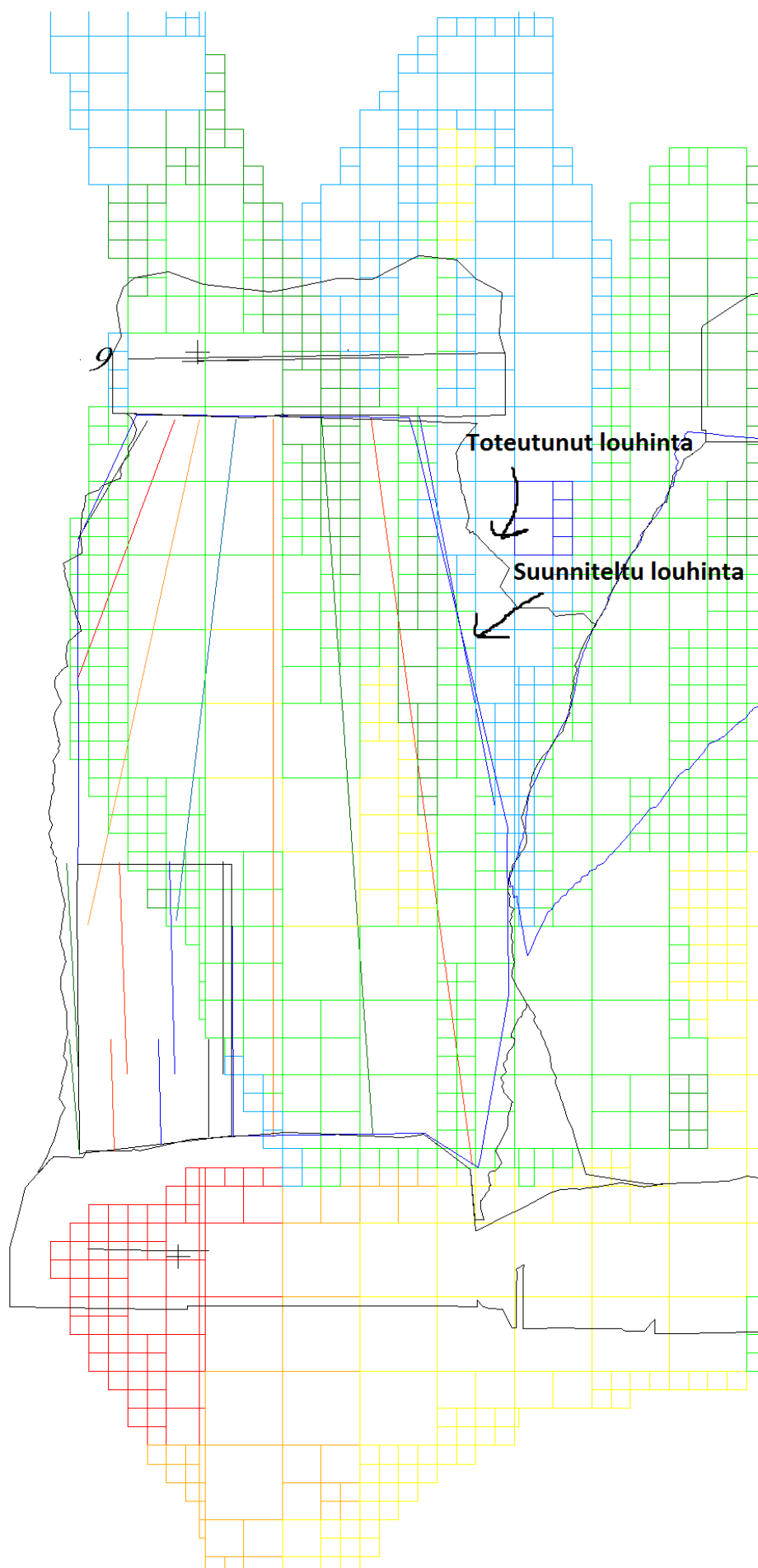
210kpL7:n skannaus kuvista näkee, että louhoksen avaus elektronisilla nalleilla onnistui hyvin (kuvat 39 - 42). Louhoksen keskivaiheilla välipilari sortui ja 210jpL4:n täytöstä valui raakkuja louhokseen. Kattopuolen louhinta onnistui koko louhoksen matkalta hyvin. Haasteellinen louhos, jossa viereinen täyttö aiheutti paljon raakkulaimennusta. Skannauksen perusteella impulssi nalleilla enemmän ryöstöä jalkapuolella, josta lopulta täytön puhkeaminen.



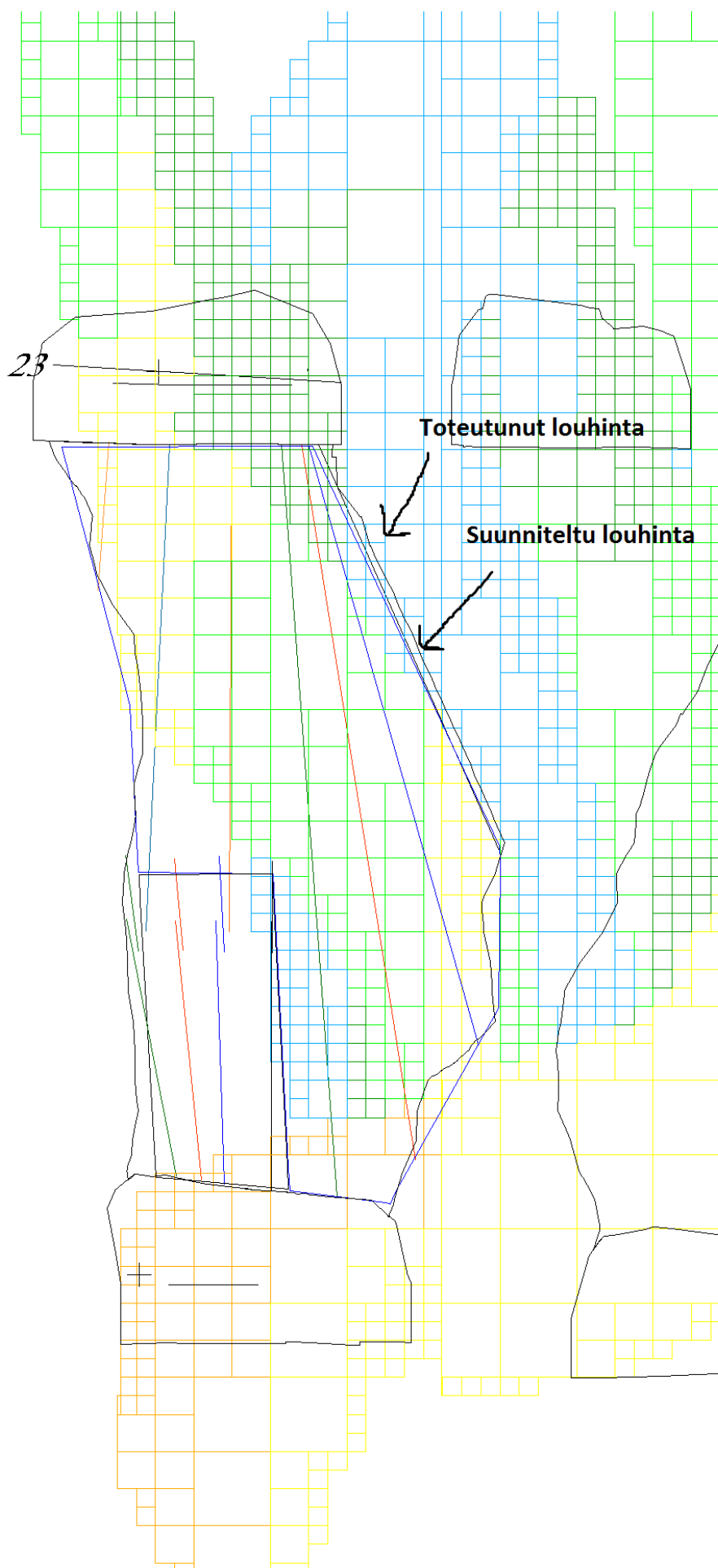
Kuva 39. Ak-1 leikkaus hyvin onnistunut louhinta. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden Kylylahti.)



kuva 40. Ak-5 leikkauksen kohdalla jalkapuolella ryöstöä. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti).

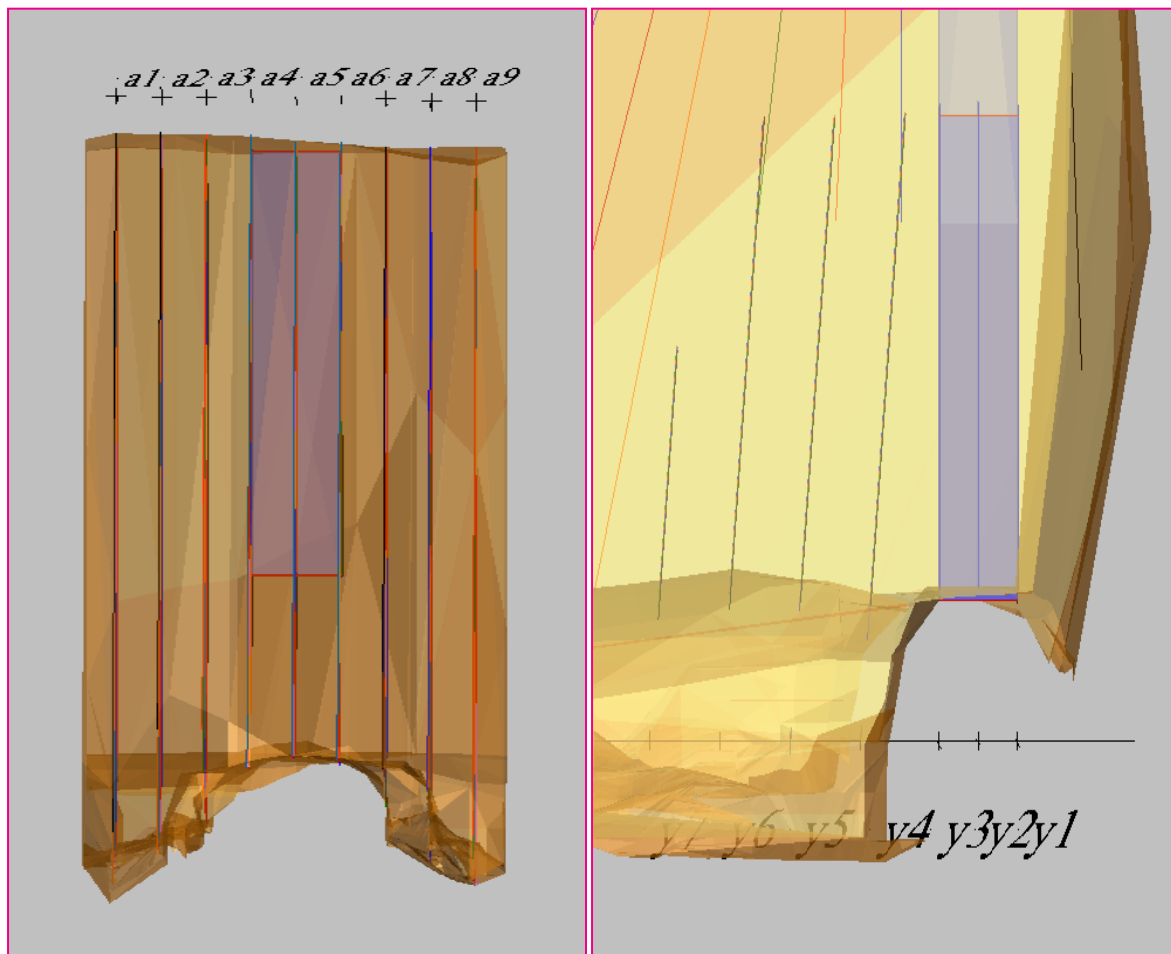


Kuva 41. Ak-9 leikkauksen kohdalla V:n muotoinen välipilari osittain sortunut ja täytön puhkeaminen viereiseen 210jpL4 täyttöön. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



Kuva 42. A-23 leikkauksen kohdalla louhinta todella hyvin onnistunut myös jalkapuoella. Impuls-
sinalleilla räjäytetty (Boliden kylälaht.)

5.1.2 Louhos 410ppL3

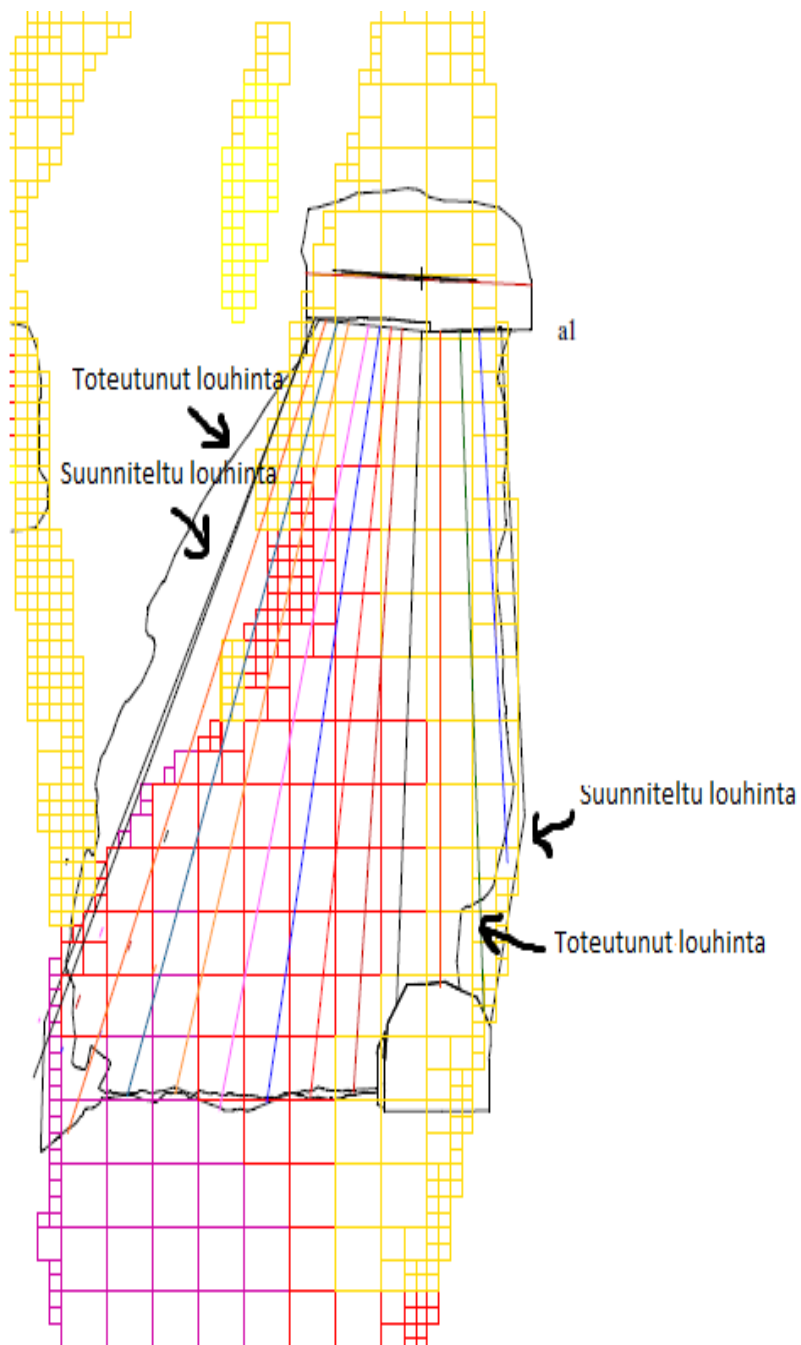


Kuva 43. Alakätisten leikkausten sijainti (Boliden kylylahti.)

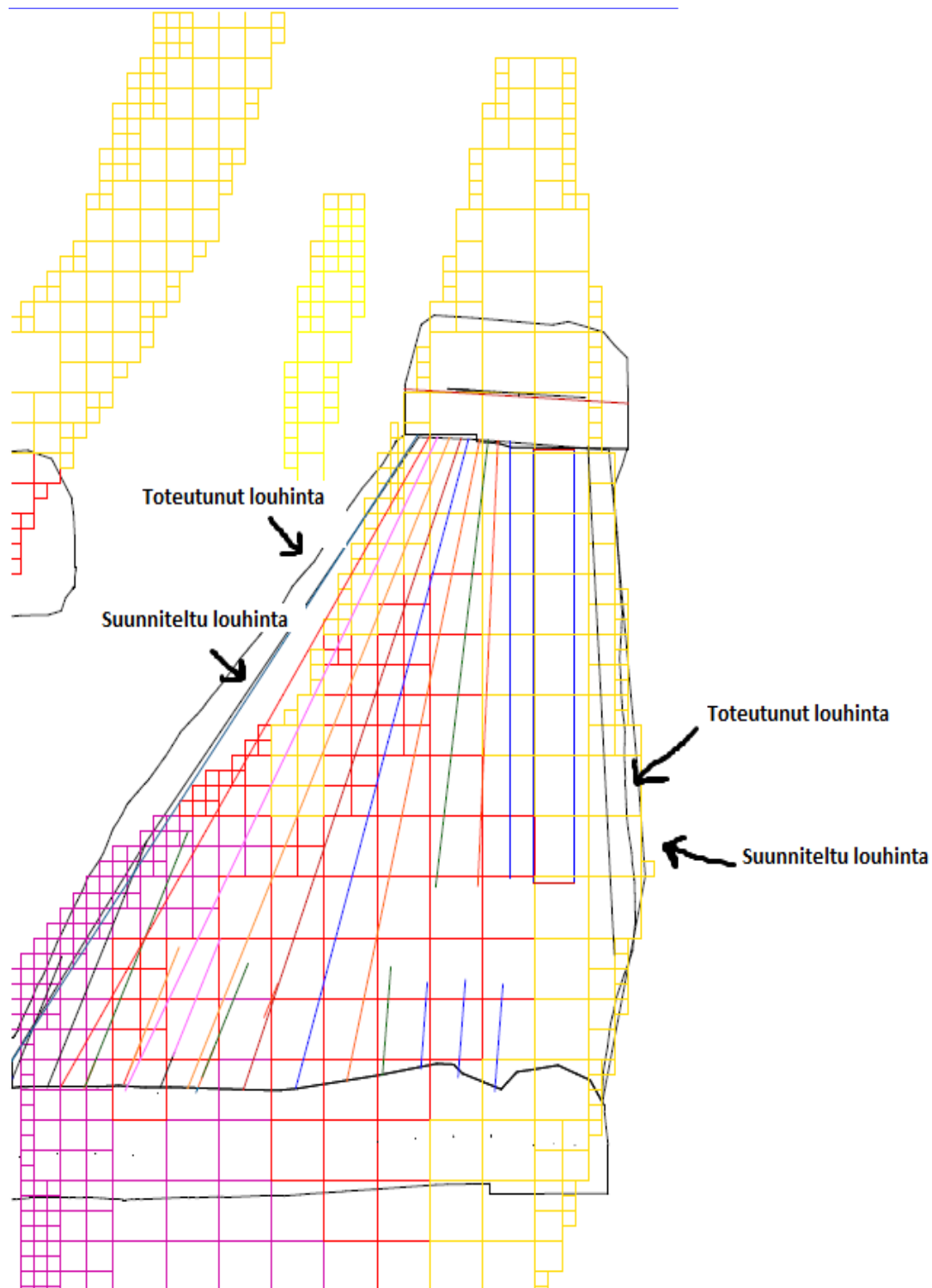
Kuva 44. Yläkätisten leikkausten sijainti (Boliden kylylahti.)

410ppL3 louhoksessa skannaustuloksista näkee, kuinka louhoksen kattopuolella on paljon ylilouhinasta johtuvaa raakkulaimennusta. Jalkapuolella etenkin pohjoissivulla on jäänyt lähtemättä aivan reikien latvat, mutta kokonaisuudessaan jalkapuolen louhinta on onnistunut hyvin. Etelä- ja pohjoissivuilla täytöt pysyivät hyvin molemmin puolin kasassa (kuvat 45 - 47).

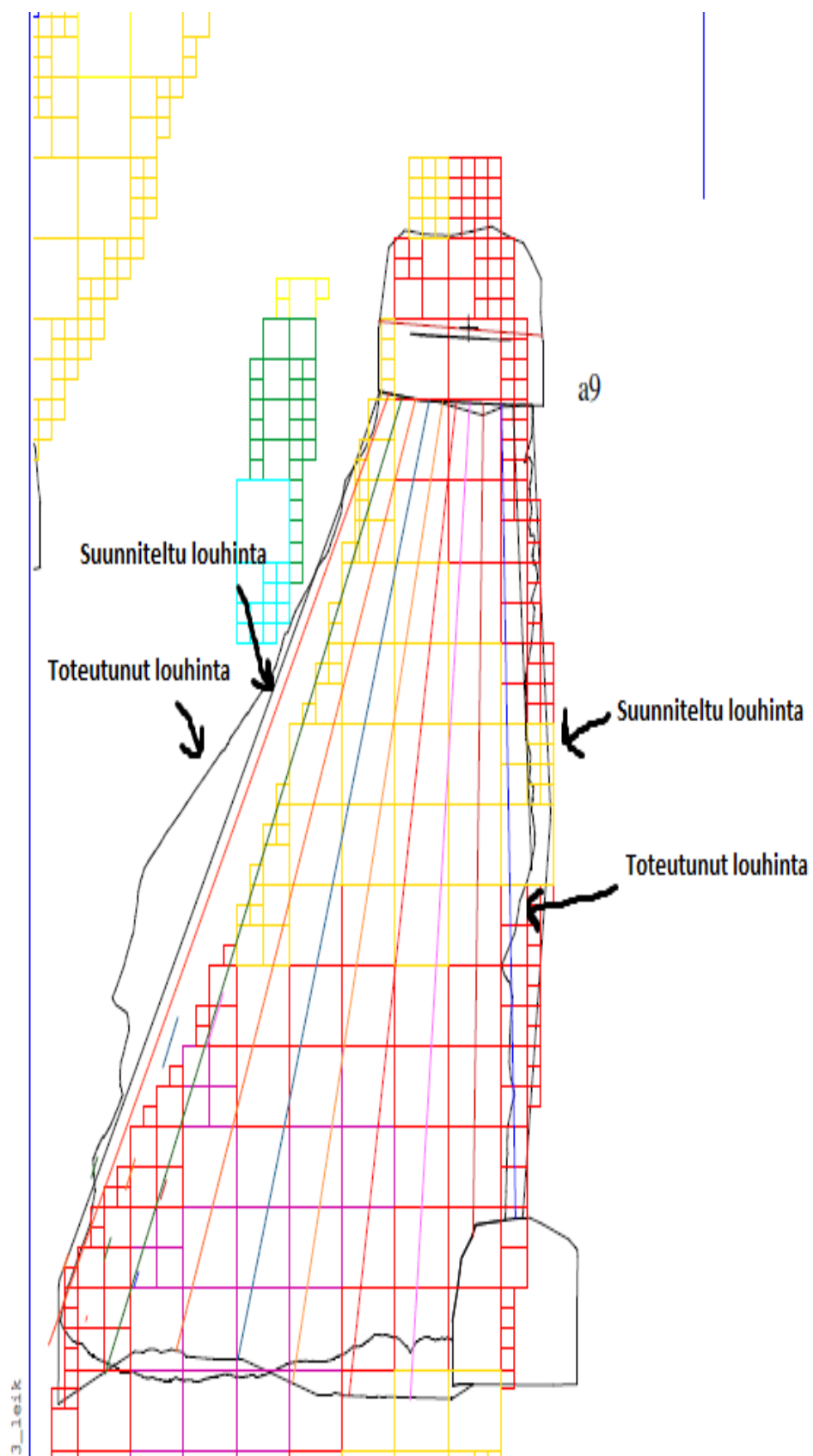
Haastava louhos, jossa elektronisilla nalleilla louhos avattiin ja louhittiin juuri kattopuolen alakätiset reiät. Ylilouhintaan vaikutti paljon kallion rikkonaisuus ja poraustarkkuus, joten elektronisten nallien suoranaista vaikutusta ylilouhintaan on hankala sanoa.



Kuva 45. Ak -1 leikkauksen kohdalla näkyy kuinka kattopuolella on ylilouhintaa ja jalkapuolella jäänyt lähtemättä aivan reiän latva (Boliden kylylahti.)

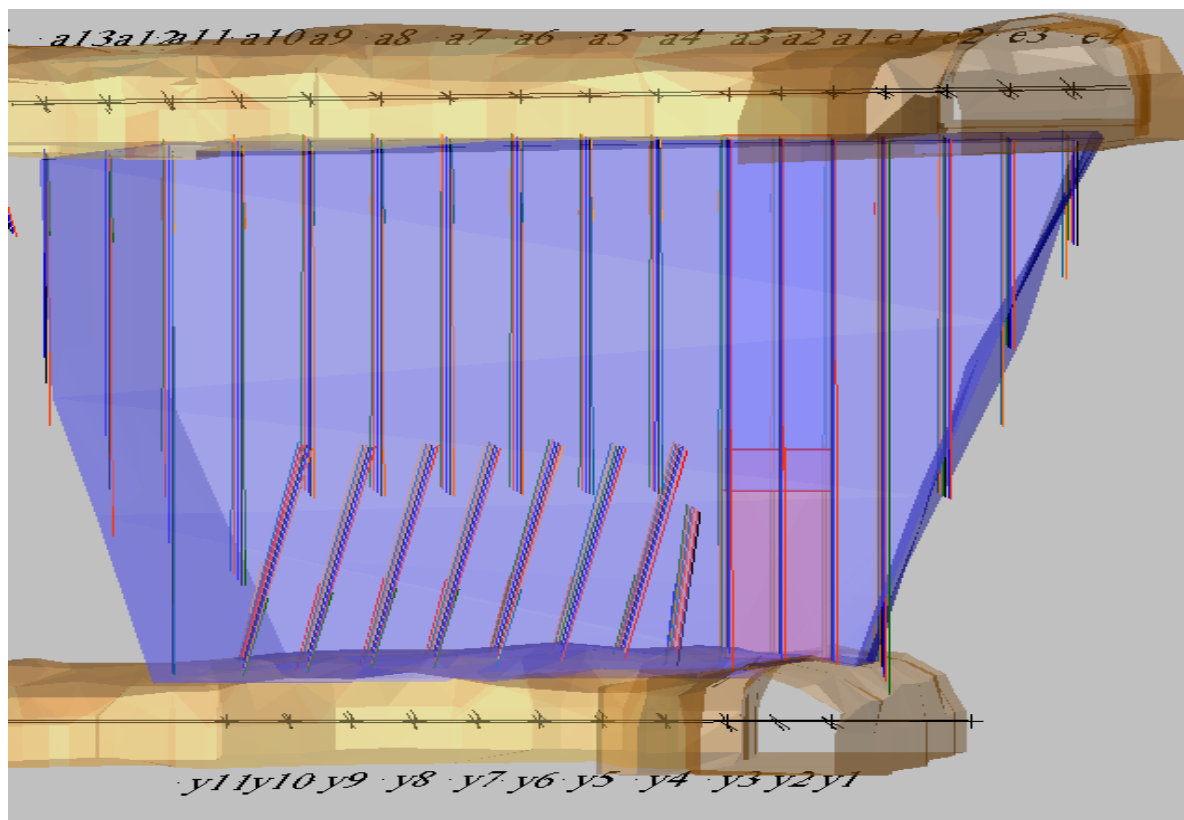


Kuva 46. Ak-4 leikkauksen kohdalla jalkapuolen louhinta on onnistunut hyvin ja kattopuolella yli-
louhintaa tasaisesti koko matkalla (Boliden kylälahti.)



Kuva 47. Ak-9 leikkaus. Kattopuolen yllilouhinta jatkuu koko louhoksen matkan (Boliden kylälahti.)

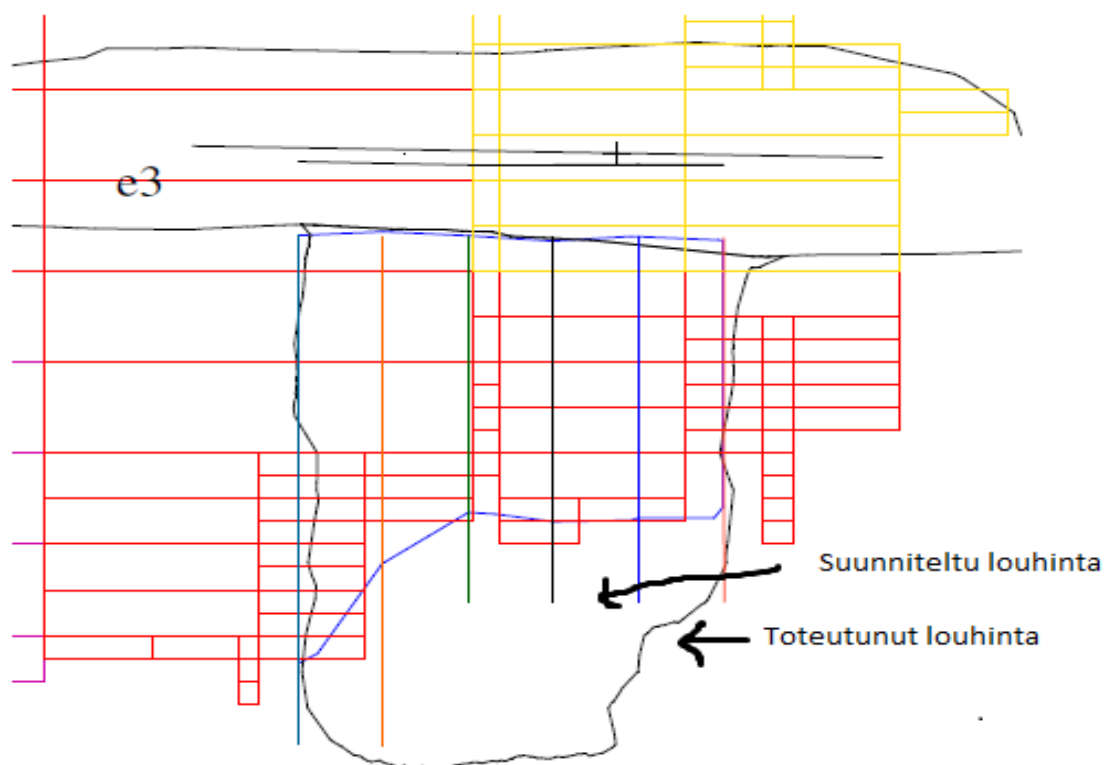
5.1.3 Louhos 470ppL8



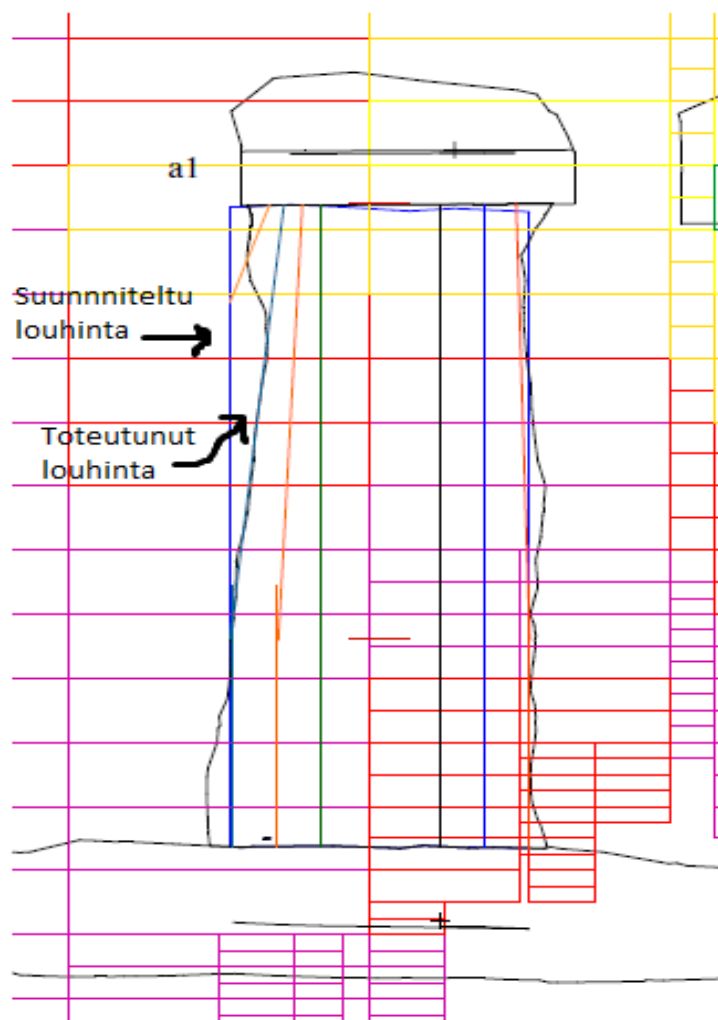
Kuva 48. Yläkätisten ja alakätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)

470ppL8 skannauksesta selviää, että louhinta onnistui hyvin sekä elektronisilla, että impulssinalleilla. Aivan kattopuolen päädyssä elektronisilla nalleilla räjäytettäessä kahden pitkän reiän latvat ovat jääneet lähtemättä. Eteläisivulla oli hieman ylilouhintaa, joka oli malmia tulevasta 470ppL9 louhoksesta. Malmittappiota tuli vastaavasti pohjoissivulta, mutta joka saadaan louhittua 470ppL7:n yhteydessä (kuvat 49 - 56).

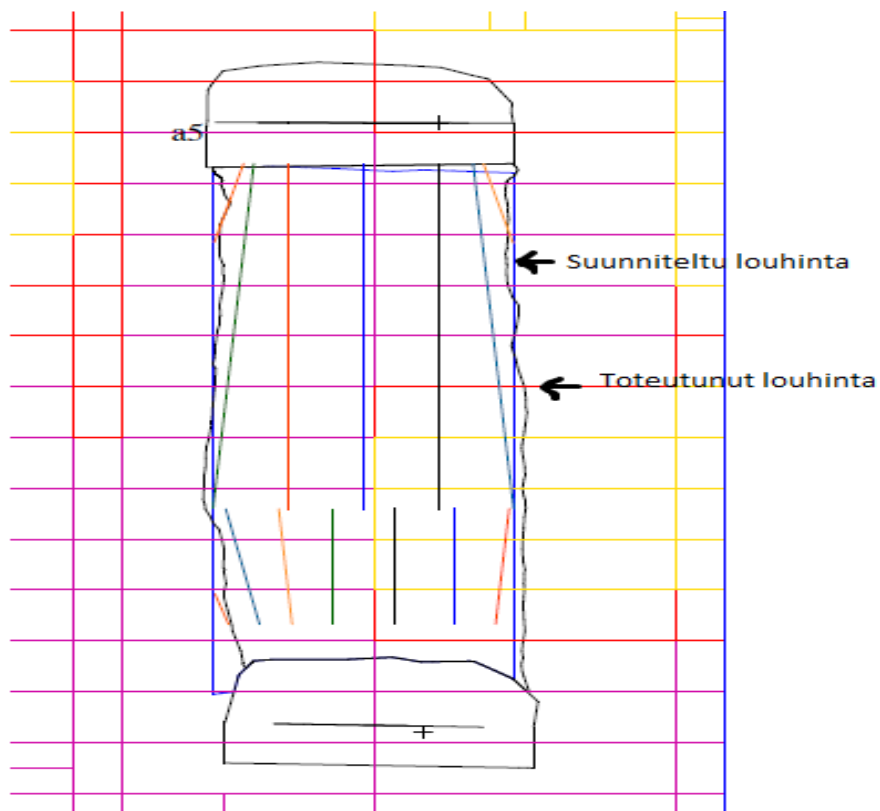
Elektronisia nalleja käytettiin louhoksen viimeisessä räjäytyksessä, jossa louhittiin alakätiset leikkaukset 6,7,8,9,10,11,12,13 ja kp. Vertaillessa elektronisten ja impulssinalleiden lähtevyyttä louhoksessa selviää, että molemmilla nallityypeillä pääsimme hyvään lopputulokseen, mutta elektronisilla nalleilla on hieman enemmän ylilouhintaa eteläisivulla ja kattopuolen päädyssä viimeiset pitkien reikien latvat leikkauksella 11 on jäänyt lähtemättä. Impulssinalleilla on taas ylilouhintaa jalkapuolen päädyssä, josta raakkulaimennusta ja pohjoissivulla on enemmän malmittappiota, kuin elektronisilla nalleilla räjäytettäessä. Suuria ylilouhintoja tai malmittappioita ei kummallakaan nallityypillä ollut, joten suuria eroavaisuuksia louhinta jäljessä ei ilmennyt nallityypistä riippuen.



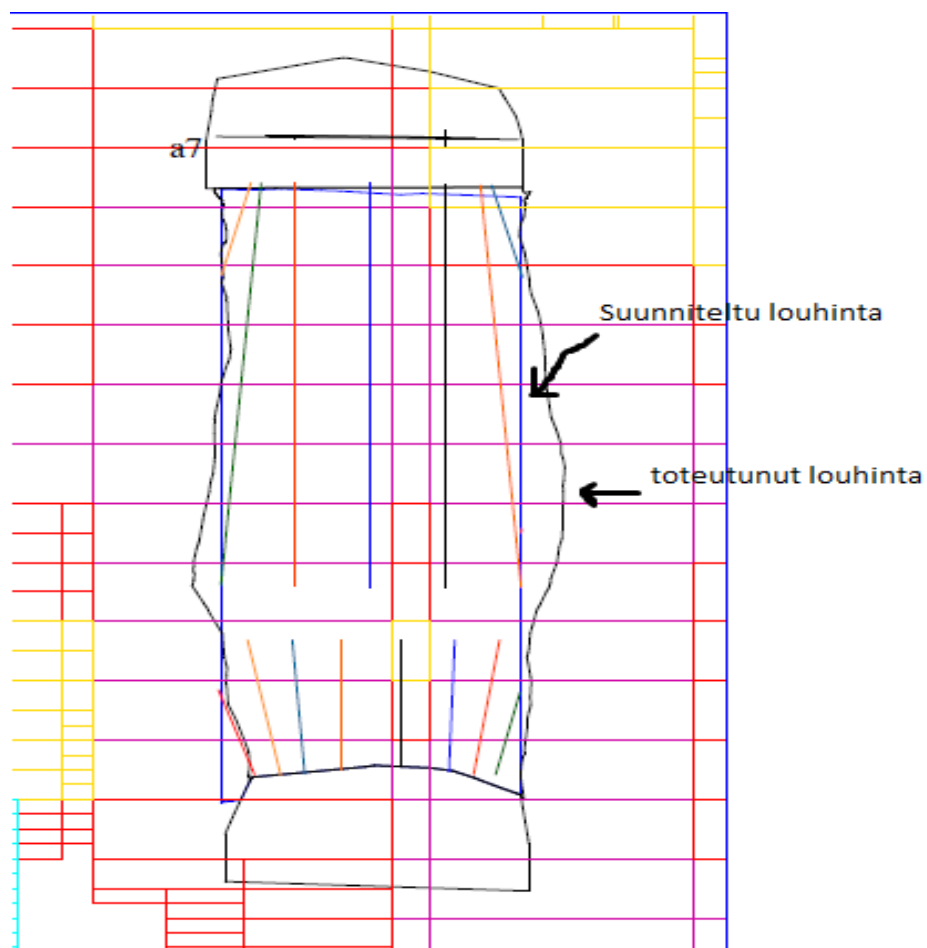
Kuva 49. E-3 leikkaus. Jalkapuolen päädyssä yllilouhintaa. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



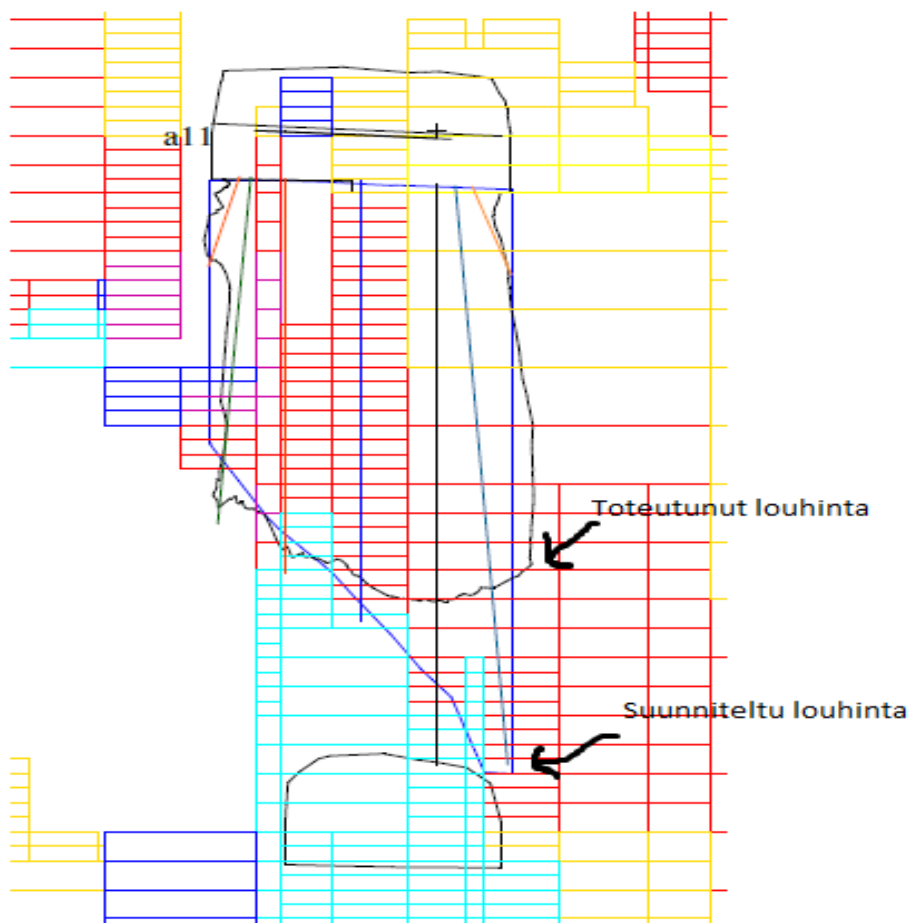
Kuva 50. Ak-1 leikkaus. Pohjoissivulla malmitappiota. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



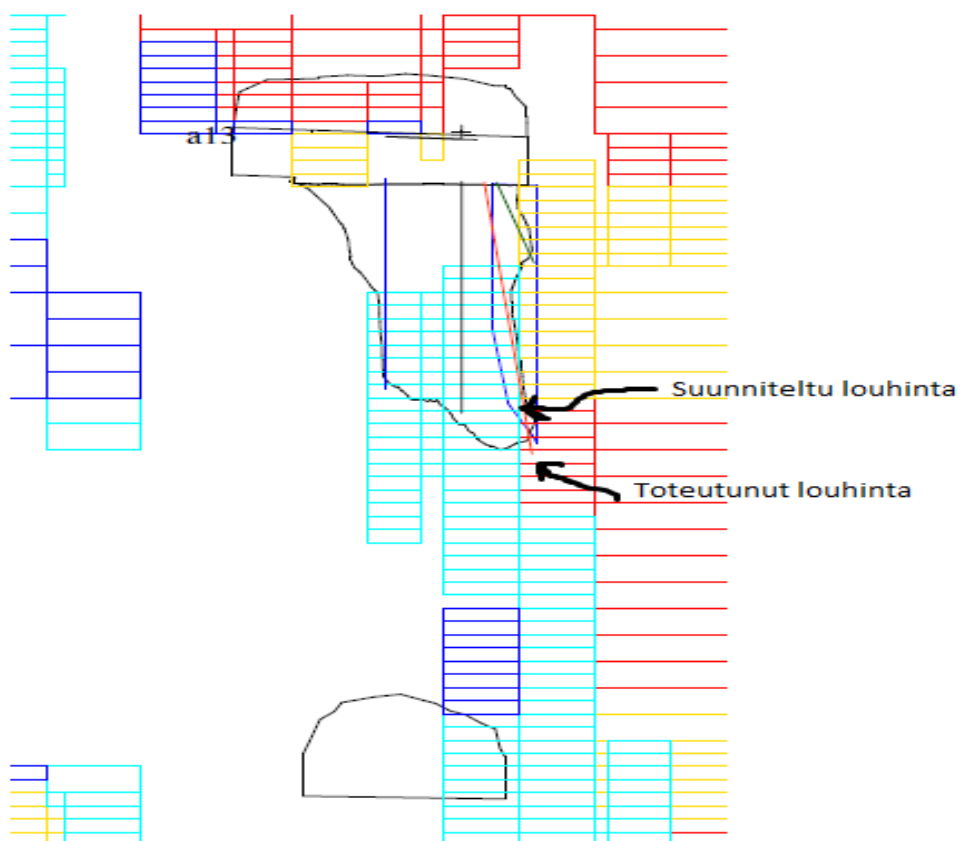
Kuva 51. Ak-5 leikkaus. Todella hyvin onnistunut louhinta. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden Kylylahti.)



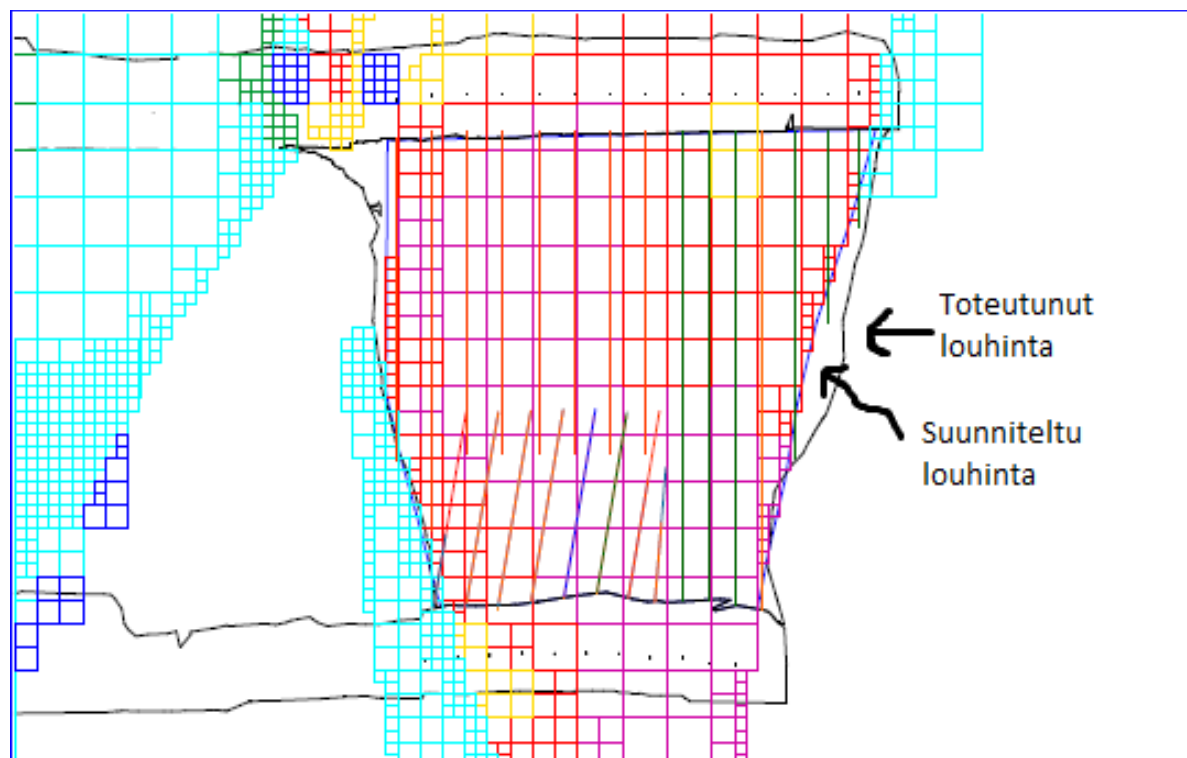
Kuva 52. Ak-7 leikkaus. Eteläsivulla ylilouhintaa. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylylahti.)



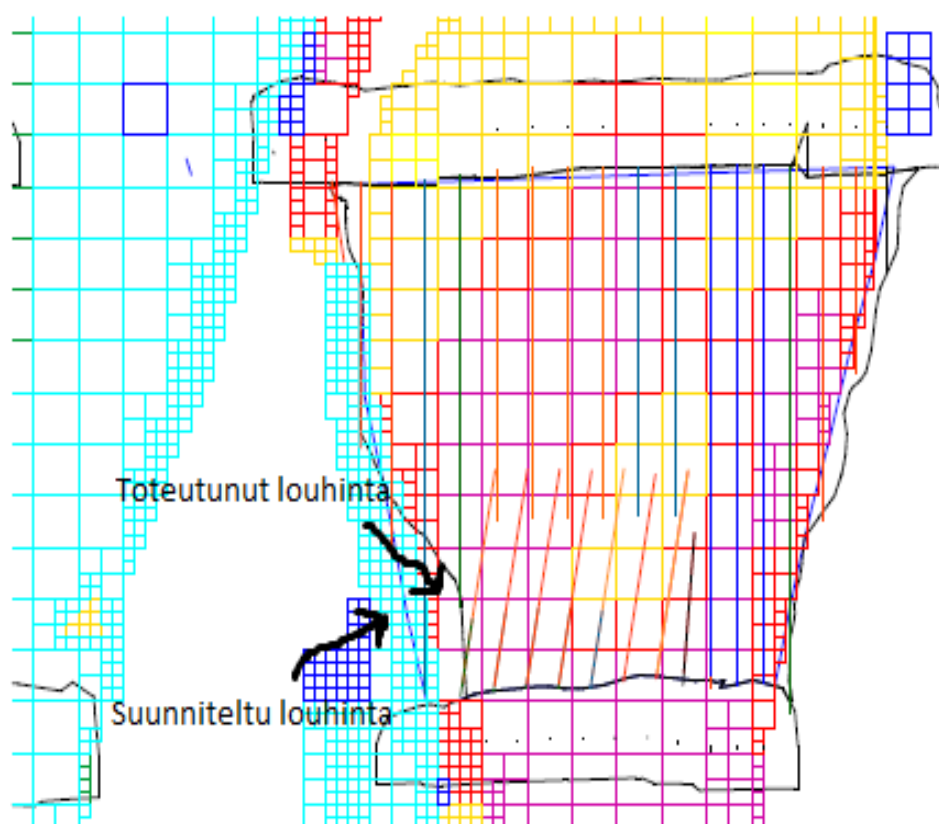
Kuva 53. Ak-11 leikkaus. Pitkien reikien pohjat jääneet lähtemättä. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



Kuva 54. Ak-13 leikkaus. Kattopuolen hyvin onnistunut pääty. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

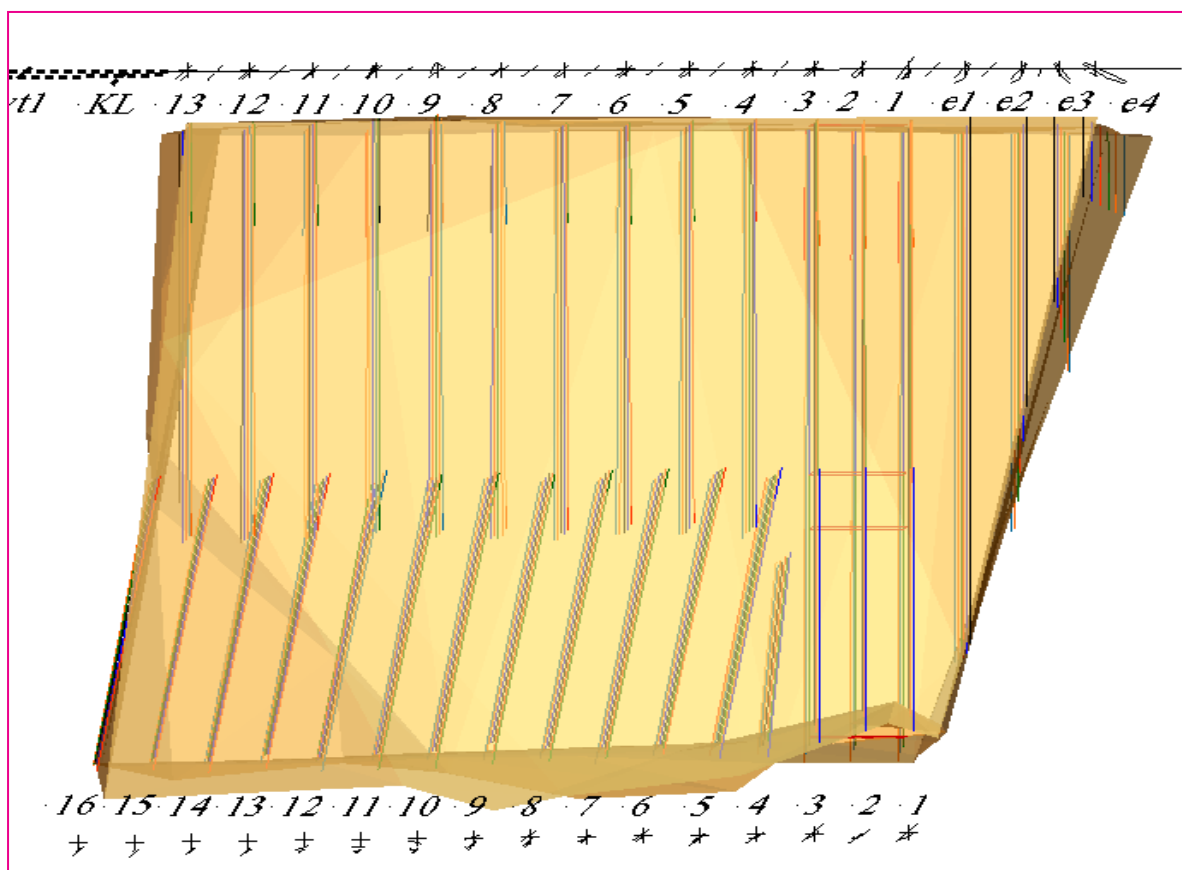


Kuva 55. Pitkittäisleikkauksesta näkyy jalkapuolen yllouhinta. Jalkapuoli louhittu impulssinalleilla. (Boliden kylälahti.)



Kuva 56. Pitkittäisleikkauksesta näkyy kattopuolen malmitappiot. Kattopuoli louhittu elektronisilla nalleilla. (Boliden kylälahti.)

5.1.4 Louhos 500ppL10



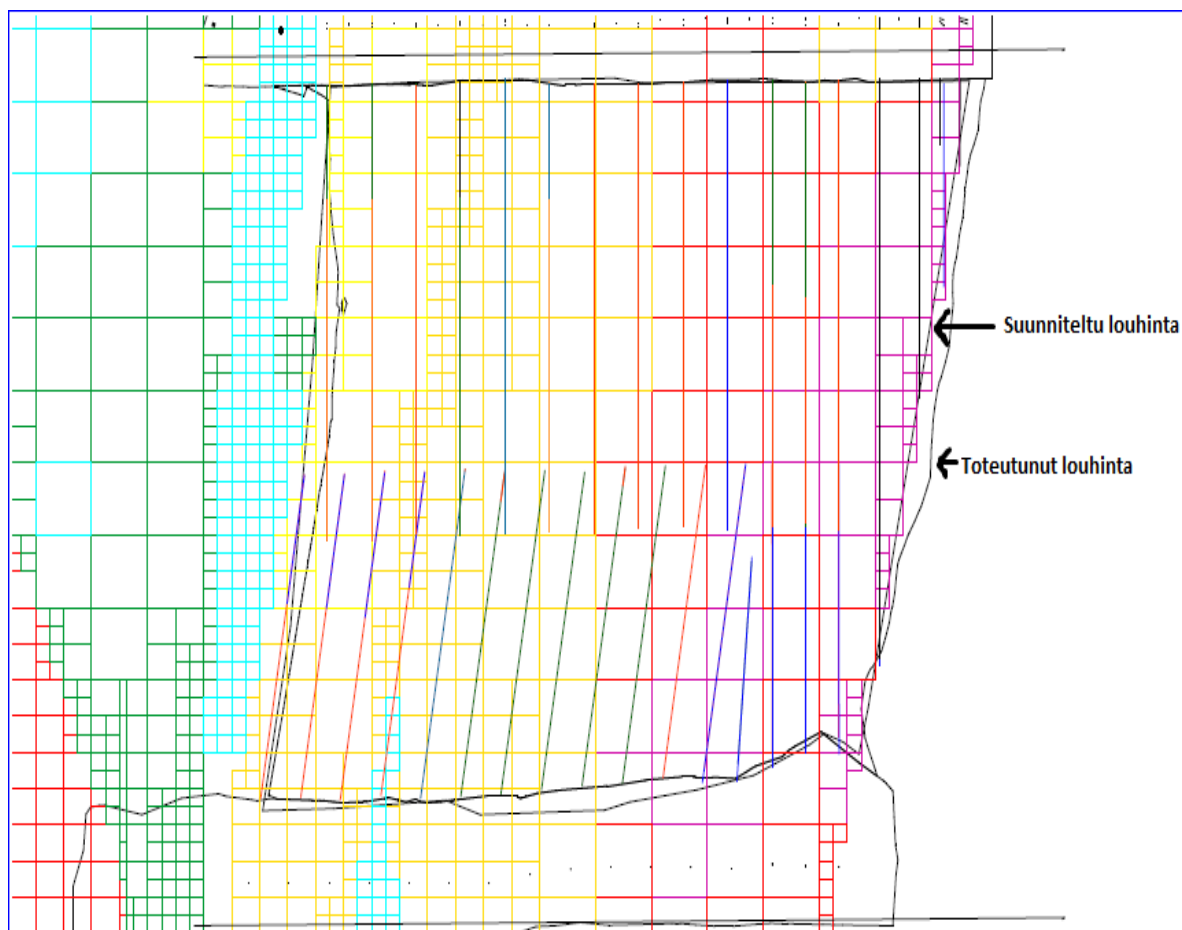
Kuva 57. Alakätisten ja yläkätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)

500ppL10 skannaustuloksista näkee, että louhinta onnistui hyvin niin elektronisten kuin impulssi nalleiden osalta. Ainut pieni poikkeama on louhoksen jalkapuolen päädyn raakkulaimennus e-4 leikkauksella, joka on elektronisilla nalleilla louhittu (kuvat 58 - 62).

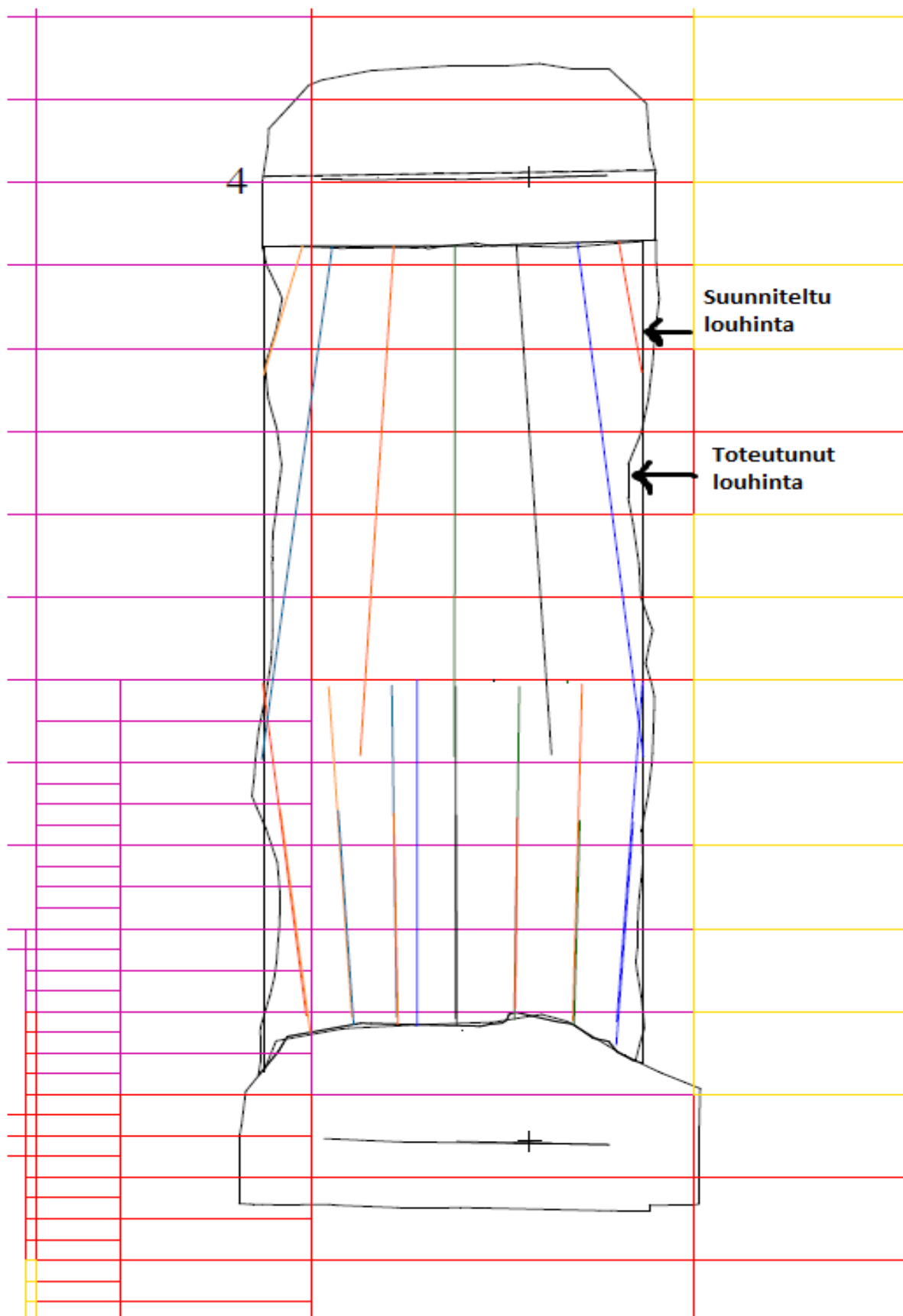
Elektronisilla nalleilla louhoksen avaus onnistui kokonaisuudessaan todella hyvin. Louhinta jäljessä ei ollut eroavaisuuksia tässä louhoksessa, oli räjäytys suoritettu elektronisilla tai vastaavasti impulsinalleilla.



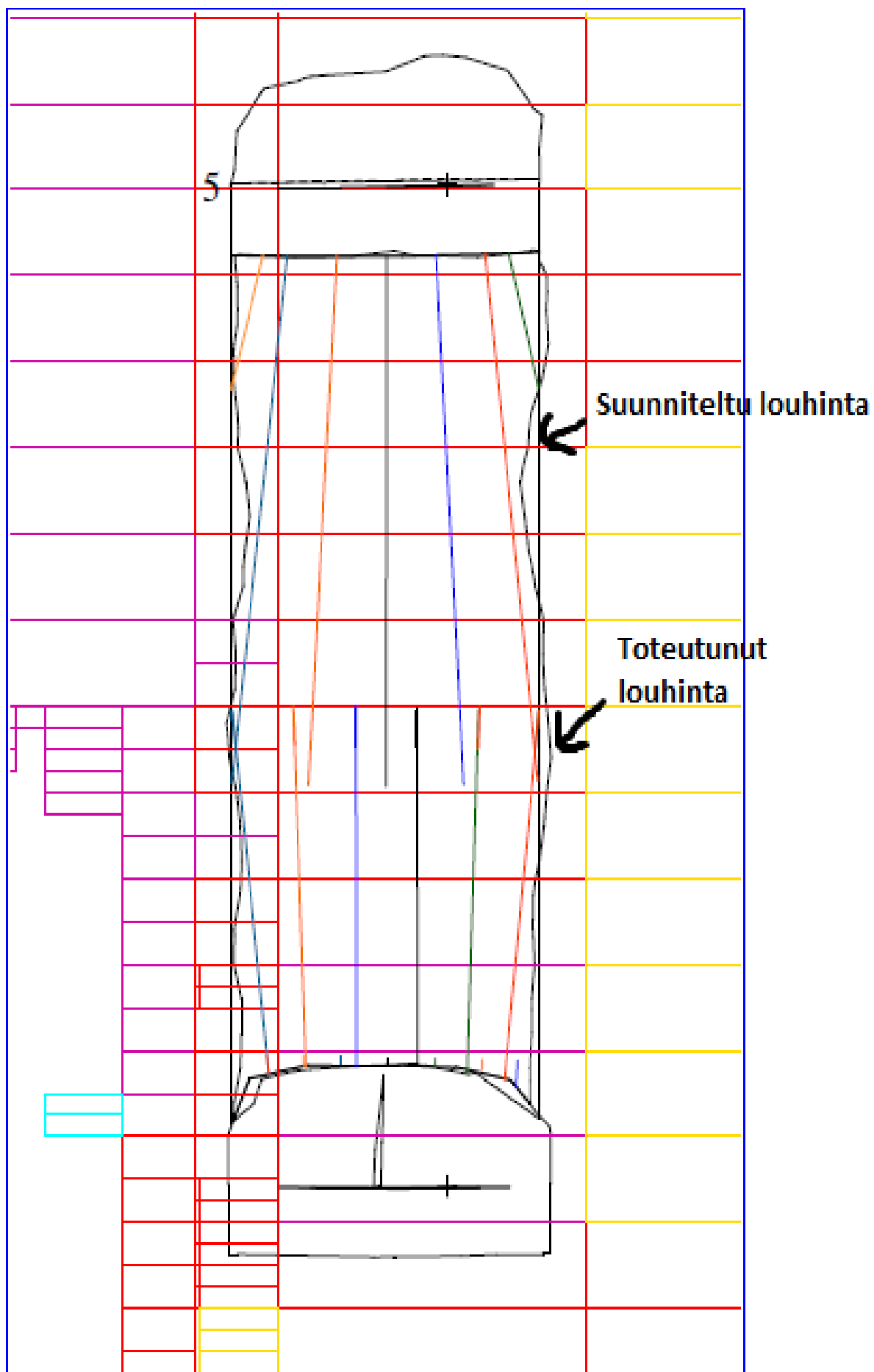
Kuva 58. E-4 leikkaus. Hieman ylilouhintaa jalkapuolen päädyssä. Elektronisilla nalleilla louhittu (Boliden kylälahti.)



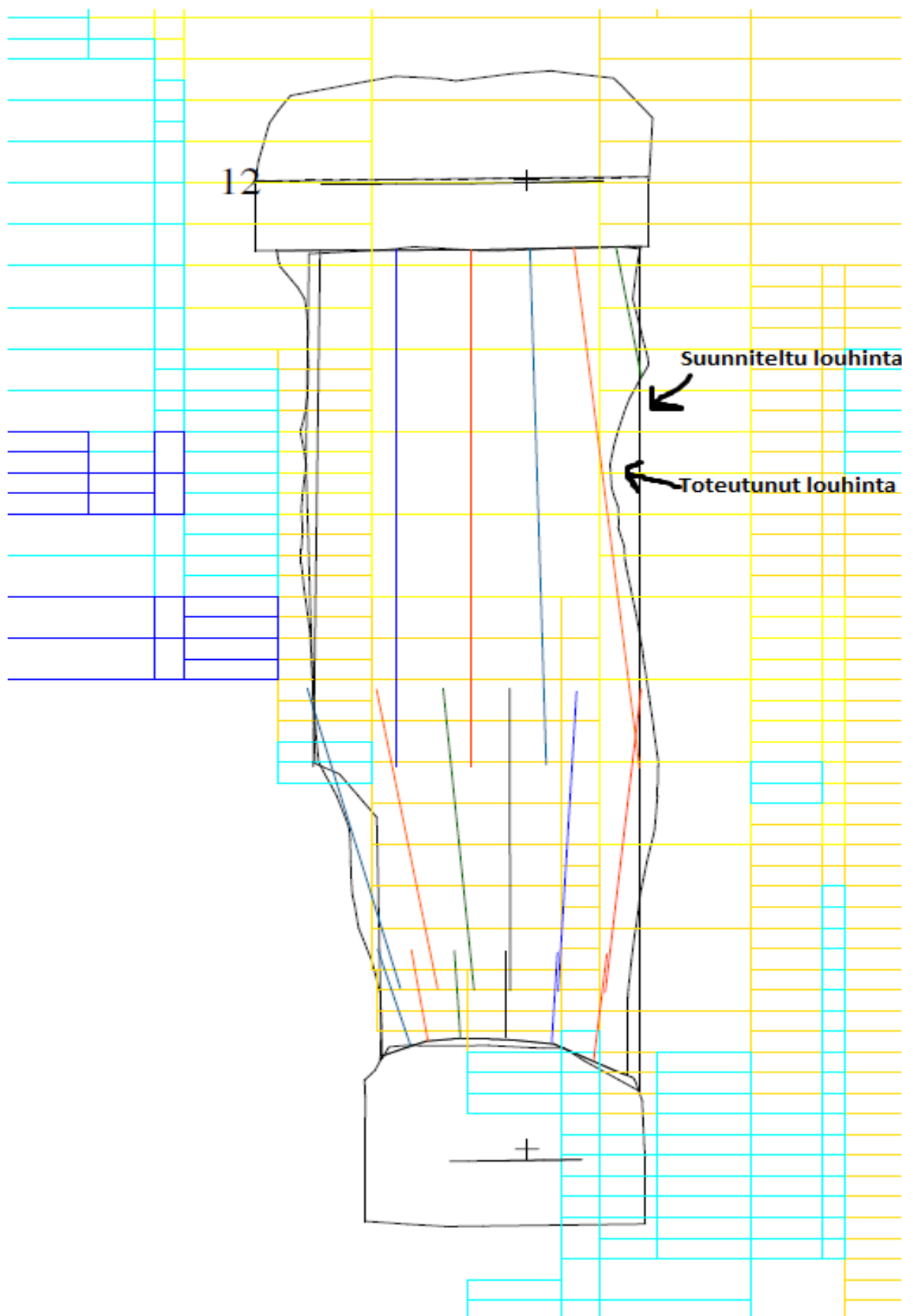
Kuva 59. Pitkittäisleikkauksesta näkyy jalkapuolen vähäinen ylilouhinta (Boliden kylälahti.)



Kuva 60. Ak-4 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälah-ti.)



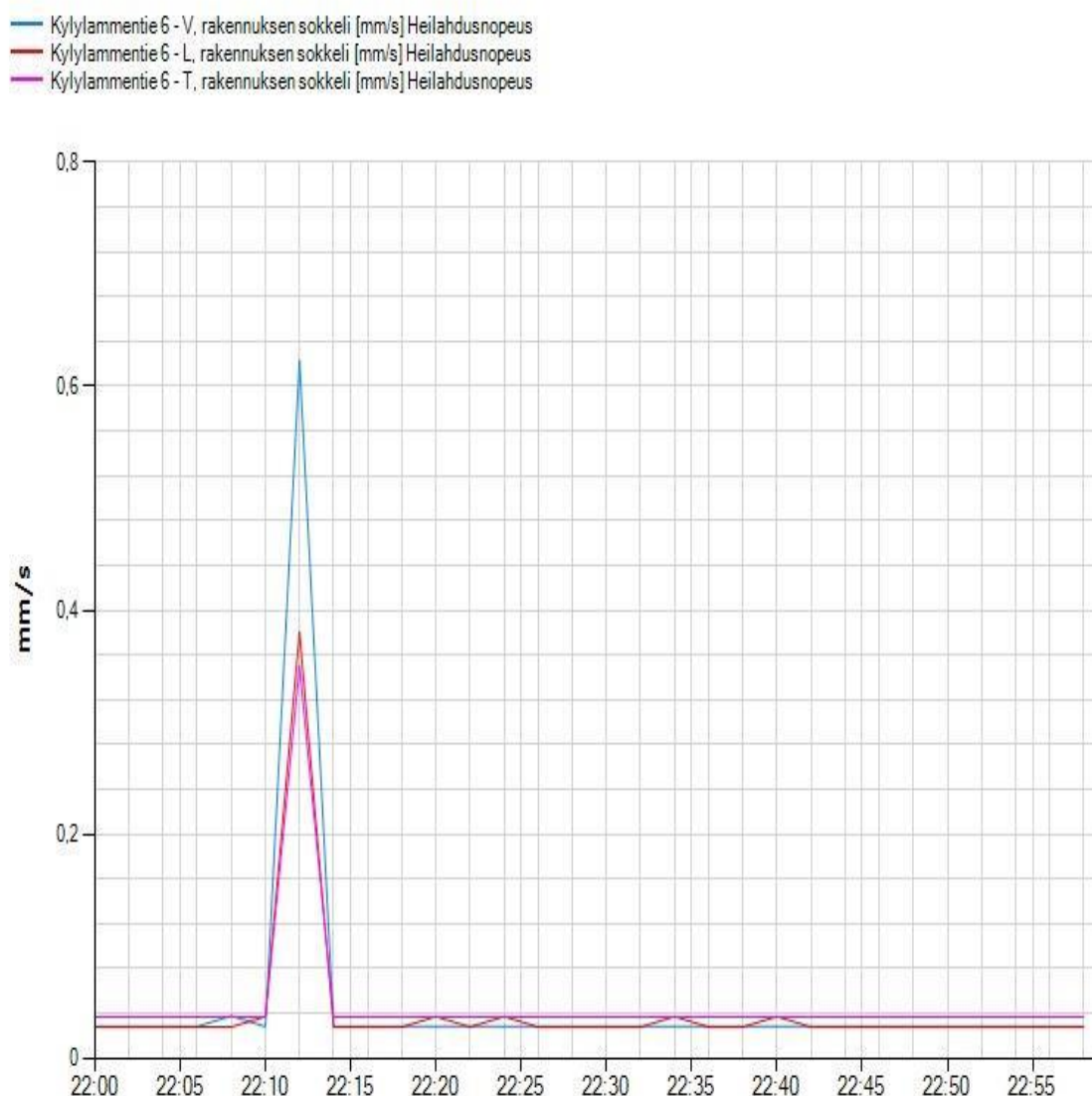
Kuva 61. Ak-5 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



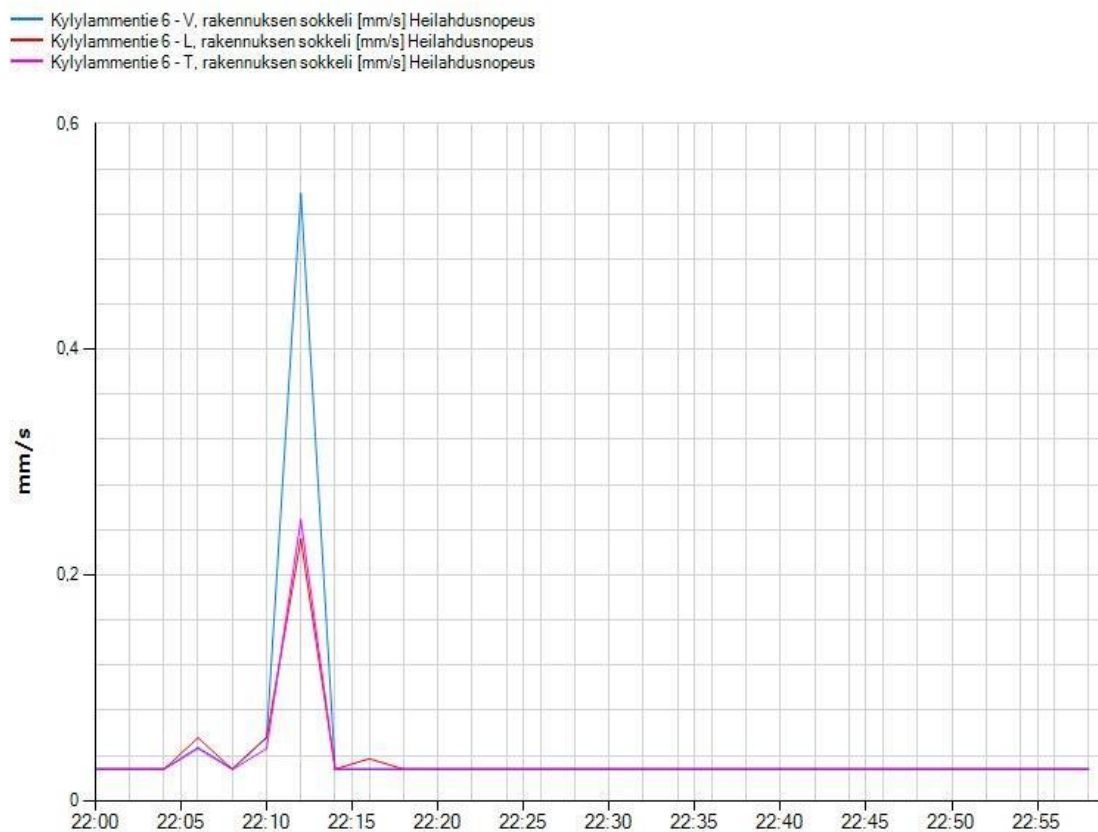
Kuva 62. Ak-12 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

5.2 Tärinämittaukset

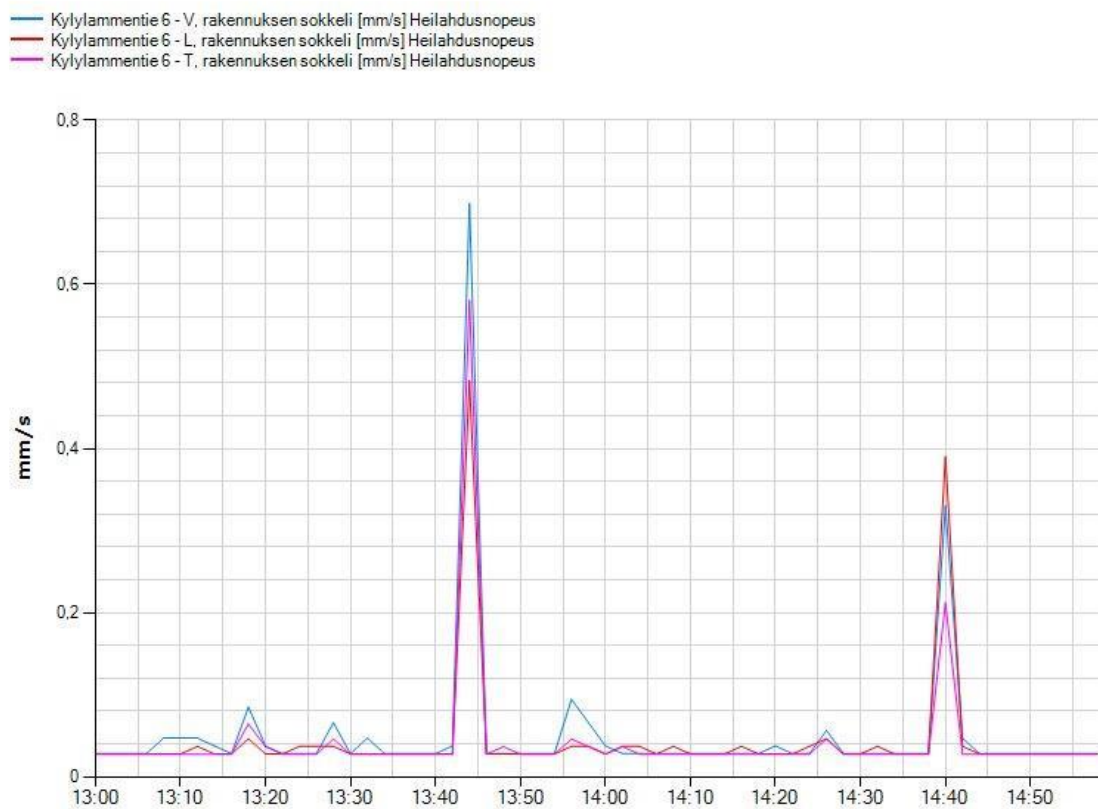
Tärinä mittauksissa ei havaittu merkittäviä eroja Impulssi nallien ja Elektronisten nallien välillä. Elektronisilla nalleilla yleisesti saadaan hallittua tärinöitä paremmin, koska jokainen nallia saadaan lähtemään tarkasti eriaikaan, mutta todellisuudessa myös Impulssi nallit räjähtävät hiukan eriaikaan intervallista johtuvasta heitosta. elektronisilla- ja impulssi nalleilla ei ollut täysin samanlaiset panostusteet, joten tärinöiden erot ei johdu kokonaan nalli eroista. Maanalaisessa louhinnassa tärinöillä ei ole niin suurta vaikutusta ympäristöön, kuin asutuskeskuksissa louhittaessa. Tärinöiden suhteen Elektronisilla nalleilla ei saavuteta etuja Impulssi nalleihin verrattuna Kylylahdessa (kuvat 63 - 66).



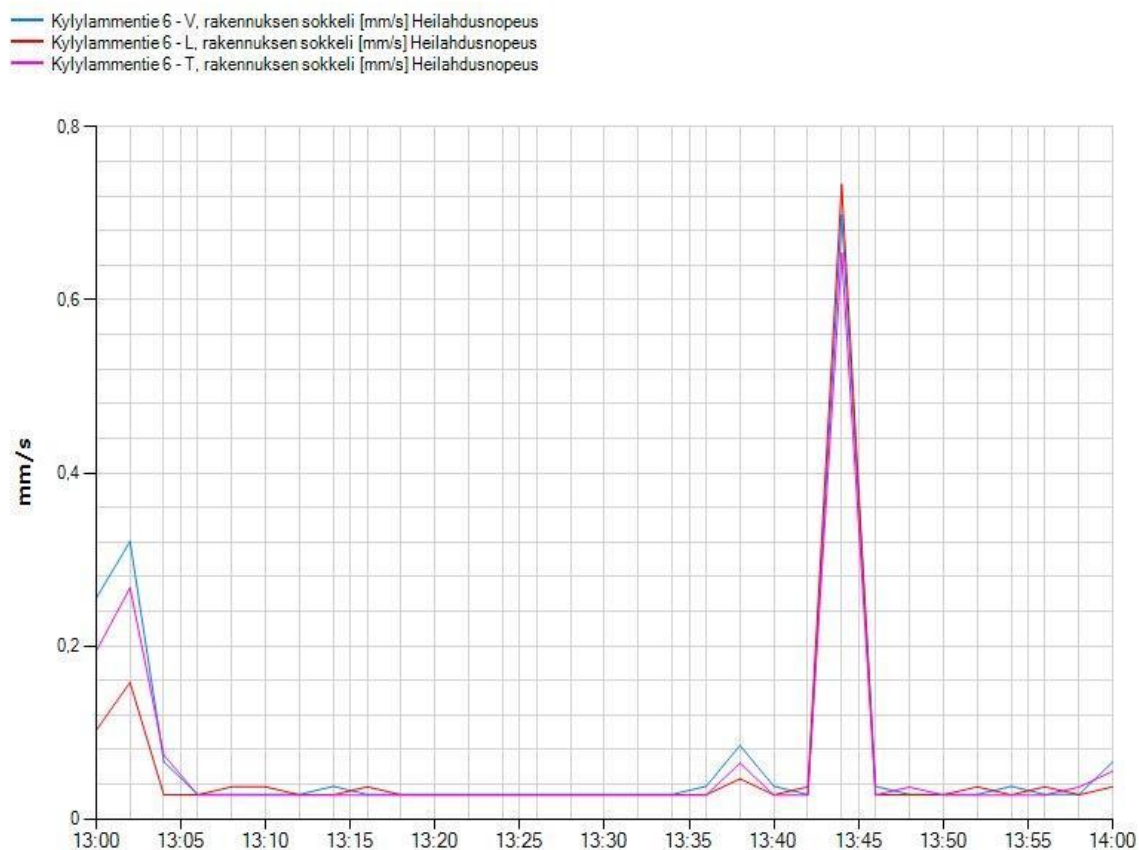
kuva 63. 410ppL3 louhoksen tärinämittaukset. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylylahti.)



Kuva 64. 410ppL3 louhoksen tärinämittaukset. Impulssi nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



Kuva 65. 470ppL8 louhoksen tärinämittaukset. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)



Kuva 66. 470ppL8 louhoksen tärinämittaukset. Impulssi nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

5.3 Louhosreikien tukkeutuminen

Usein alakätisten louhosräjäytysten jälkeen on seuraavilla leikkauksilla tukkoreikiä, joita on tarve käydä aukaisemassa poraamalla. Reikien tukkeutuminen voi johtua rikkoutuneen kallion liikkumisesta tai räjäytyksessä kivien heiton louhoksen lipalle, jotka aiheuttaa reikien tukkeutumista.

Yksi vaikuttava tekijä reikien tukkeutumiseen on, kuinka hallitusti saamme räjäytyksen suoritettua. Elektronisilla nalleilla saamme räjäytyksen suoritettua hallitummin kuin impulssi nalleilla ja näin lipalle tulevien putsattavien ja reikien tukkeutumista aiheuttavien kivien määrän vähemmäksi (kuva 67). Reikien aukaiseminen aiheuttaa häiriöitä useammassa työvaiheessa, louhoksen lastaus keskeytyy porauksen ajaksi, panostus viivästyy tukkeutuneiden reikien takia ja Solon (pitkäreikäporakone) ajaminen toisesta kohteesta aiheuttaa useamman tunnin seisahduksen poraukseen muissa kohteissa.

Reikien aukaisemisen suorittaa pääasiassa aliurakoitsija, joka laskuttaa reikien aukaisemisen tuntityönä. Neljässä esimerkki louhoksessa laskutettavia tunteja tuli yhteensä noin 57 tuntia 210kpL7:ssa 17 tuntia, 410ppL3:ssa 30 tuntia, 470ppL8:ssa 7 tuntia ja 500ppL10:ssa louhoksessa noin 3 tuntia. Kaikissa näissä reikien aukaisukerrat tuli impulssinalleilla suoritettuna räjäytyksen jälkeen, mutta louhoksilla 470ppL8 ja 410ppL3 elektronisilla nalleilla suoritettiin louhoksien viimeiset räjäytykset, jonka

jälkeen tukkeutumia ei voinut enää tulla. Louhoslipan putsaaminen suoritetaan myös aliurakoitsijan toimesta, joka laskutetaan myös tuntityönä. Putsaaminen vie keskimäärin noin 15 - 60 minuuttia.



Kuva 67. 470ppL8 louhoksen lipa diginalliräjähätyksen jälkeen, ei juuri putsaamista (Mikko Koponen 2015-08-25.)

5.4 Lastaustehokkuus

Lastaustehoa elektronisilla ja impulssi nalleilla suoritetuissa räjäähätyksissä, vertailtiin jo yleisesti saatuihin kokemuksiin pitemmällä aikavälillä, eikä ainoastaan näiden neljän testi louhoksen kohdalla. Tutkimuksessa ei kelloitettu lastaus aikoja, koska lastaus tehokkuuteen vaikuttaa niin moni muukin asia, kuin pelkkä louheen raekoko, joten se olisi antanut vääristetyn kuvan. Lastaustehokkuutta arvioitiin louheen raekoon perusteella, isompien kertarähähäytysten vaikutukset lastaukseen, rikkojen määrään ja kylalahdessa kivenajoa suorittavan Tapojärven lastareitten sekä työnjohtajan kokemusten perusteella.

Suuremmilla kertarähähätyksillä on iso vaikutus lastaustehokkuuteen. Kylalahdessa impulssinalleilla suoritettavat räjäähätykset ovat keskimäärin 1 000 – 4 000 tn. Malmin nostotavoite on noin 2 000 tn päivässä. Tämä tarkoittaa, että räjäähätyksiä on suoritettava päivittäin. Tästä aiheutuu paljon lastauskatkoja louhoksilla, koska samaan aikaan kuin louhosta panostetaan, rusnataan tai odotetaan louhoksen tuulettuvan ei voi lastausta suorittaa. Lisäksi lastaustehokkuus kärsii, kun louhos pitää "kaluta" jokaisen räjäähätyksen jälkeen tyhjiin.

Elektronisilla nalleilla suoritettavat suuremmat räjäytykset esim. 470ppL8:ssa noin 8 500 tn räjäytys, antaa mahdollisuuden tyhjentää louhosta pidemmällä aikavälillä ja lastausrajoituksia on harvemmin. Tällaisella louhinnalla säästämme usean työvaiheen joka aiheuttaisi lastaukseen katkoksen, työvaiheet vähenevät 3 - 4 kertaista. Lastareiden on helpompi tyhjentää louhosta, kun kiveä on paljon ja tällä tavoin pääsee lastaustehoissa huomattavasti parempiin tuloksiin, lisäksi elektronisilla nalleilla olemme päässeet yleisesti paremmin haluttuun raekokoon. (Markku Voutilainen 2015-09-04.)



Kuva 68. 500ppL10 louhoksen elektronisilla nalleilla räjäytetyt kivet (Mikko Koponen 2015-07-15.)

5.4.1 Rikotusmäärät

Rikkojen määrässä ei ole ollut suuria eroavaisuuksia nallityypistä riippuen. Isoimpana tekijänä rikkojen syntyyn on ollut kallionrikkonaisuus ja poraustarkkuus etenkin pitkillä alakätisillä rei`illä. Elektronisilla nalleilla olemme päässeet yleisesti hieman pienempään raekokoon, kuin Impulssi nalleilla. Tämä perustuu kivenajoa suorittavan urakoitsijan lastareitten ja työnjohdon kokemuksiin.

5.5 Kustannusarviointi

Luku 5.5 kustannusarvioinnin osalta on salassa pidettävää tietoa

6 ELEKTRONISTEN NALLIEN KÄYTÖN EDELLYTYKSET JATKOSSA

Elektronisilla nalleilla saavutetaan suuria etuja impulssi nalleihin nähden joissakin louhinnoissa, mutta kaikissa räjäytyksissä elektronisilla nalleilla ei saavuteta etuja impulssi nalleihin verrattuna. Elektronisten nallien moninkertainen kappalehintaa ei tee niiden käytöstä kustannustehokasta jokaisessa räjäytyksessä. Seuraavassa on käyty läpi millaisissa tilanteissa elektronisilla nalleilla saavutetaan etuja impulssi nalleihin nähden ja taas päinvastoin.

6.1 Elektronisten nallien käyttökohteet

Elektronisten nallien käyttö louhosräjäytyksissä, joissa on paljon reikiä, kuten risteysalueet ja louhoksien avaukset ovat tarpeellista. Tällaisissa kohteissa diginalleilla saadaan niiden tarkan syttymistarkkuuden avulla toimintavarmuutta ja tarpeeksi paljon purkautumisaikaa räjäytykselle. Elektronisten nallien käytöllä louhoksen viuhka räjäytyksissä saavutetaan etuja, kun kerralla räjäytettävän kentän koko kasvaa niin suureksi, että Impulssi nalleilla suoritettava räjäytys ei enää ole täysin toimintavarmaa. MS-nalleilla ei riitä hidaste aika (500 ms) kerralla räjäytettävien viuhkojen määrän kasvaessa, LP-nalleilla intervalli kasvaa niin suureksi (n.15 %), että niiden käyttö ei ole toimintavarmaa eikä muutenkaan suositeltavaa louhoksissa ja Unidet-nallien käyttöä ei suositella maanalaisissa louhinnoissa.

Elektronisten nallien käytöllä haastavissa olosuhteissa saavutetaan suurempien räjäytysten avulla työturvallisemmat olosuhteet. Kylalahdessa elektronisten nallien käyttökohteita tulevaisuudessa voisi olla myös pitkät raitis- ja poistoilma nousut, joissa on tärkeää, että nallien syttyminen voidaan määrittellä millisekunnin tarkkuudella. Tärkeimpänä ominaisuutena elektronisille nalleille on, että sen kytketty kenttä voidaan tarkistaa useampaan kertaan ja näin nähdä, että jokainen nalli on kytketty ja toimintakuntoinen, laukaisu on mahdollista vasta, kun kaikki kentän nallit on kytketty oikein ja toimintakuntoisia.

6.2 Impulssi nallien käyttökohteet

Impulssi nalleilla saavutetaan joissakin räjäytyksissä yhtä hyvä lopputulos kuin diginalleillakin räjäytettäessä, mutta paljon kustannustehokkaammin. Exel LP sarjan hidasteajat ovat pitkät noin 100 ms ja sen takia soveltuvat loistavasti peränajoon, jossa kivelle on annettava tarpeeksi aikaa purkautua. Exel MS nallit soveltuvat taas louhosräjäytyksiin erinomaisesti, sen intervalli on pieni noin 25 ms ja sen hidastusporrastus on myös 25 ms, käytössä on numerot 3 - 20 (75m - 500ms). Exel MS nallien heikkoutena on vähäinen maksimi hidasteaika, tämän takia tuotantolouhinnassa MS nallit soveltuvat lähinnä max 4 - 5 leikkauksen räjäytyksiin. Impulssi nallien etu elektronisiin nalleihin on niiden edullisempi kappale hinta. Peränajo ja tuotantolouhinta silloin, kun räjäytetään 2-5 leikkausta kerralla, on louhinta kustannustehokkaampaa suorittaa impulssi nalleilla.

7 YHTEENVETO

Insinööriyössä tutkittiin millaisia vaikutuksia elektronisilla nalleilla on Kylylahden kaivoksessa tuotantolouhinnassa. Työssä tutkittiin millaisissa kohteissa elektronisia nalleja on tarpeellista käyttää ja voidaanko elektronisten nallien avulla suorittaa tuotantolouhintaa kustannustehokkaammin ja edistää työturvallisuutta isompien kertäräjätysten avulla. Tavoitteena oli selvittää, onko järkevää investoida oma elektronisten nallien laukaisujärjestelmä.

Työssä oli esimerkkinä neljä louhosta 210kpL7, 410ppL3, 470ppL8 ja 500ppL10, joiden räjäytyksissä käytettiin sekä impulssi että elektronisia nalleja. Louhinnoissa tutkittiin impulssi ja elektronisten nallien välisiä eroja louhosten skannaustulosten, louheen raekoon, lastattavuuden, tärinäiden sekä louhosreikien tukkeutumisen perusteella. Työssä otettiin myös valokuvia työvaiheista sekä räjäytystuloksista.

Elektronisten nallien käyttö on erityisen suotavaa räjäytyksissä, jossa on paljon louhittavia reikiä, kuten louhoksen avaukset, jotka sisältävät paljon etuleikkauksia ja levitysreikiä. Risteysalueet, joissa on yleensä suoritettava suuria kertäräjätystyksiä, on elektronisten nallien tuoma varmuus todella suuri tekijä. Risteysalueet ovat yleensä paikkoja, jonne ei pääse reikiä aukaisemaan tai poraamaan uusia reikiä. Näissä tilanteissa on todella tärkeää voida tarkistaa, että jokainen nalli on kytkettynä, toimintakuntoinen ja nallien intervalli on riittävän pieni. Impulssi nallien käyttö olisi epäluotettavaa tällaisissa räjäytyksissä, kun panostettavan kentän koko kasvaa suureksi ja jolloin vaaditaan nalleilta tarkkaa syttymistarkkuutta. Suuremmissa tuotantolouhinnoissa yli 5-leikkausta on myös elektronisten nallien käyttö tarpeellista. Isommilla kertäräjätystyksillä saadaan louhokseen usean päivän lastattavat kivet. Reikien luotaamisen/aukaisemisen, lipan rusnaamisen/putsauksen ja panostamisen aiheuttamat katkokset lastaukseen räjäytyksien välissä vähenee 3 - 4 kertaisesti. Kylylahdessa aikaisempien elektronisten nallien räjäytyskokemusten ja työssä tutkittujen louhintojen perusteella saavutamme elektronisilla nalleilla raekooltaan hienommat kivet kuin impulssi nalleilla, mikä vähentää rikotuskertoja.

Kustannustietojen osalta on salassa pidettävää tietoa.

Tärinämittaus- tai skannaustuloksissa ei havaittu juuri eroavaisuuksia nallityypistä riippuen. Tärinät olivat kaivoksessa pieniä. Skannaustuloksista huomattiin, että molemmilla nallityypeillä louhintajälki oli pääasiassa hyvää ja suurimmat poikkeamat johtuivat lähinnä kallionominaisuuksista tai poraus- ja panostustyöstä.

Yhteenvetona voidaan todeta, että elektronisten nallien käyttöönotto Kylylahden kaivoksessa on kannattavaa impulssi nallien rinnalla. Elektronisten nallien käyttöpaikkoja olisi erityisesti edellä mainitut suuret louhoksien avaukset, risteysalueet ja suuremmat tuotantolouhinnat. Lisäksi elektronisten nallien käyttökohteita voisivat olla pitemmät avausnousut ja haastavat suuret kertäräjätystykset. Impulssi nalleja käytettäisiin edelleen peränajossa, kynsi- ja kattokorotuksissa, levityksissä, rikotuksissa

ja pienemmissä tuotantolouhinnoissa. Oman elektronisen nallien laukaisujärjestelmän investoiminen olisi edullisempaa kuin jatkaa ohjelmointi- ja räjäytyspalveluiden ostamista toiselta yritykseltä.

LÄHTEET

Boliden.com [Verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-08-20] Saatavissa: <http://www.boliden.com/>

Boliden Kylylahti yritysesittely 2015-01-01. [Viitattu 2015-07-05] Saatavissa: Kylylahden kaivos Admin office

MALMBERG Markus 2015-09-03 Pitkän tähtäimen suunnittelu. [sähköpostiviesti]

Vastaanottaja Mikko Koponen

PAALUMÄKI Tauno, LAPPALAINEN Pekka ja HAKAPÄÄ Antero.2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Tampere Juvenes Print Oy

SORSA Antti 2015-09-10 Yksittäisen louhoksen suunnittelu. [sähköpostiviesti]

Vastaanottaja Mikko Koponen

Forcit.fi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-07-07] saatavissa: <http://www.forcit.fi/>

Polku: <http://www.forcit.fi/archives/tuote/kemiitti-810>

VUOLI Raimo, HALONEN Tommi. 2012. Räjätystyöt. Tampere Tammerprint Oy

Forcit.fi [verkkoaineisto]. [Viitattu 2015-07-09] saatavissa: <http://www.forcit.fi/>

Polku: <http://www.forcit.fi/archives/tuote/nonel-sahkoton-sytytysjarjestelma>

Forcit.fi [verkkoaineisto]. [Viivattu 2015-07-12] saatavissa: <http://www.forcit.fi/>

Polku: <http://www.forcit.fi/archives/tuote/daveytronic-elektroninen-sytytysjarjestelma>

HÄNNINEN Tuomo 2011. Opinnäytetyö, Elektronisten nallien vaikutukset Pyhäsalmen kaivoksen tuotantolouhintaan

VOUTILAINEN Markku 2015-09-04 Lastaus Tehokkuus [sähköpostiviesti]

Vastaanottaja Mikko Koponen

OY FORCIT AB 2015-11-12 Elektronisten nallien ja laukaisulaitteen TARJOUS [sähköpostiviesti]

Vastaanottaja Marko Minkkinen

KUVAT

Kuva1. Tuotantoaikataulua (Malberg Markus 2015-03-09.)

Kuva 2. 2×3m avausnousun porauskaavio (Boliden Kylylahti.)

kuva 3. Esimerkki Kemiitti 810 valmistusprosessista (forcit.fi.)

Kuva 4. Kylylahdessa käytössä oleva panostusajoneuvo (Mikko Koponen 2015-05-20.)

Kuva 5. Kylylahdessa käytössä oleva panostusajoneuvo (Mikko Koponen2015-05-20.)

Kuva 6. Kallion tilavuuden kasvaessa on sillä oltava tilaa liikkua (Forcit.fi.)

Kuva 7. MS-nalleilla kytketty louhos (Mikko Koponen 2015-08-23.)

Kuva 8. Pohjanallina 500ms ja lopullinen hidaste pintakytkentänä (Forcit.fi.)

Kuva 9. Esimerkki yhdenlaisesta perän sytytysuunnitelmasta LP-nalleilla (Forcit.fi.)

Kuva 10. Panostettu perä LP-nalleilla (Mikko Koponen 2015-08-09.)

Kuva 11. Daveytronic-laukaisujärjestelmä (Forcit.fi.)

Kuva 12. Panostaja Joni Miettinen ohjelmoimassa elektronista nallikenttää (Mikko Koponen 2015-05-20.)

Kuva 13. Kytetty elektroninen nallikenttä (Mikko Koponen 2015-05-20.)

Kuva 14. Elektronisen Daveytronic nallin rakenne (Forcit.fi.)

Kuva 15. Louhoksen sijainti. Sinisellä näkyy malmin osuus ja louhoksen alaosassa näkyy raakkuosuus. Kuvassa näkyy myös jo louhitut louhokset 210jpL4, 210jpL5 ja 210kpl8 (Boliden kylylahti.)

kuva 16. Yläkätisen- ja alakätisen nousun paikat. Kuvassa näkyy myös 10 yläkätistä malmi leikkausta sekä pitkät alakätiset leikkaukset louhoksen jalkapuolelle (Boliden kylylahti.)

kuva 17. Yläkätiset raakku leikkaukset louhoksen kattopuolella (Boliden kylylahti.)

Kuva 18. 210jpL4 ja 210kpL7 väliin jätetty V:n muotoinen pilari, joka osittain sortui 210kpL7 louhokseen louhinnan yhteydessä. 210jpL7 täyttö oli osittain tehty kovettuvalla ja osittain raakulla (Boliden kylälahti.)

Kuva 19. Nallitus suunnitelma 210kpL7 louhokseen (Boliden Kylälahti.)

kuva 20. Louhoksen sijainti (Boliden kylälahti.)

Kuva 21. 410ppL3 sijainti louhosten 410ppL4 ja 410jpL2 välissä (Boliden kylälahti.)

Kuva 22. Alkuperäisen suunnitelman yläkätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)

Kuva 23. Alkuperäisen suunnitelman alakätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)

Kuva 24. Kuvassa näkyy jo louhittu jalkapuoli ja kattopuolelle suunnitellut yk-lisäleikkaukset (Boliden kylälahti.)

Kuva 25. Alakätisen Leikkauksen 6 kohdalla kattopuolen yllilouhinta (Boliden kylälahti.)

Kuva 26. Nallitus suunnitelma 410ppL3 louhokselle (Boliden kylälahti.)

kuva 27. Alakätisen Leikkauksen 9 kohdalla kattopuolen yllilouhinta (Boliden kylälahti.)

Kuva 28. Yläkätiset ja alakätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)

Kuva 29. Louhoksen 470ppL8 sijainti (Boliden kylälahti.)

Kuva 30. Alapuolella 500ppL8 jo louhittu louhos (Boliden kylälahti.)

Kuva 31. Pohjoissivulla malmitappiota (Boliden kylälahti.)

Kuva 32. Eteläsivulla yllilouhintaa (Boliden kylälahti.)

Kuva 33. 470ppL8 elektronisilla nalleilla räjäytetyt kivet (Tero Kaltiainen 2015-08-25.)

Kuva 34. Yk- ja alakätiset leikkaukset (Boliden kylälahti.)

Kuva 35. Louhoksen sijainti, kuvassa näkyy myös 500ppL8 aikaisemmin louhittu louhos (Boliden kylälahti.)

Kuva 36. Poikkileikkauksesta näkyy hyvin onnistunut louhinta (Boliden kylälahti.)

- Kuva 37. 500ppL10 Diginalli räjäytyksen nallitus suunnitelma (Boliden kylälahti.)
- kuva 38. 500pL10 Louhoksen elektronisilla nalleilla räjäytetyt kivet (Mikko Koponen 2015-07-15.)
- Kuva 39. Ak-1 leikkaus hyvin onnistunut louhinta. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden Kylälahti.)
- kuva 40. Ak-5 leikkauksen kohdalla jalkapuolella ryöstöä. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 41. Ak-9 leikkauksen kohdalla V:n muotoinen välipilari osittain sortunut ja täytön puhkeaminen viereiseen 210jpL4 täyttöön. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 42. A-23 leikkauksen kohdalla louhinta todella hyvin onnistunut myös jalkapuolella. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 43. Alakätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)
- Kuva 44. Yläkätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)
- Kuva 45. Ak -1 leikkauksen kohdalla näkyy kuinka kattopuolella on yلیلouhintaa ja jalkapuolella jäänyt lähtemättä aivan reiän latva (Boliden kylälahti.)
- Kuva 46. Ak-4 leikkauksen kohdalla jalkapuolen louhinta on onnistunut hyvin ja kattopuolella yلیلouhintaa tasaisesti koko matkalla (Boliden kylälahti.)
- Kuva 47. Ak-9 leikkaus. Kattopuolen yلیلouhinta jatkuu koko louhoksen matkan (Boliden kylälahti.)
- Kuva 48. Yläkätisten ja alakätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)
- Kuva 49. E-3 leikkaus. Jalkapuolen päädyssä yلیلouhintaa. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 50. Ak-1 leikkaus. Pohjoissivulla malmitappiota. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 51. Ak-5 leikkaus. Todella hyvin onnistunut louhinta. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden Kylälahti.)
- Kuva 52. Ak-7 leikkaus. Eteläisivulla yلیلouhintaa. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)
- Kuva 53. Ak-11 leikkaus. Pitkien reikien pohjat jääneet lähtemättä. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 54. Ak-13 leikkaus. Kattopuolen hyvin onnistunut pääty. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 55. Pitkittäisleikkauksesta näkyy jalkapuolen ylilouhinta. Jalkapuoli louhittu impulssinalleilla (Boliden kylälahti.)

Kuva 56. Pitkittäisleikkauksesta näkyy kattopuolen malmitappiot. Kattopuoli louhittu elektronisilla nalleilla (Boliden kylälahti.)

Kuva 57. Alakätisten ja yläkätisten leikkausten sijainti (Boliden kylälahti.)

Kuva 58. E-4 leikkaus. Hieman ylilouhintaa jalkapuolen päädyssä. Elektronisilla nalleilla louhittu (Boliden kylälahti.)

Kuva 59. Pitkittäisleikkauksesta näkyy jalkapuolen vähäinen ylilouhinta (Boliden kylälahti.)

Kuva 60. Ak-4 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 61. Ak-5 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 62. Ak-12 leikkaus. Louhinta onnistunut hyvin. Impulssinalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 63. 410ppL3 louhoksen värinämittaukset. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 64. 410ppL3 louhoksen värinämittaukset. Impulssi nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 65. 470ppL8 louhoksen värinämittaukset. Elektronisilla nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 66. 470ppL8 louhoksen värinämittaukset. Impulssi nalleilla räjäytetty (Boliden kylälahti.)

Kuva 67. 470ppL8 louhoksen lippa diginalliräjäytyksen jälkeen, ei juuri putsaamista (Mikko Koponen 2015-08-25.)

Kuva 68. 500ppL10 louhoksen elektronisilla nalleilla räjäytetyt kivet (Mikko Koponen 2015-07-15.)

TAULUKOT

Taulukko 1. (Malberg Markus 2015-03-09.)

Taulukko 2. Räjähdystekniset ominaisuudet Kemiitti 810 (Forcit.fi.)

taulukko 3. Räjähdystekniset ominaisuudet Anfolla (Forcit.fi.)

taulukko 4. Kemix-putkipanoksen tuoteluettelo (Forcit.fi.)

Taulukko 5. Kemix-putkipanoksen räjähdystekniset ominaisuudet(Forcit.fi.)

Taulukko 6. Daveytronic –nallien tekniset tiedot (Forcit.fi.)

Taulukko 7. 470ppL8 diginalli räjäytyksen nallitus suunnitelma (Mikko Koponen 2015-07-29.)

