

Tuomo Tahvanainen, Eero Heikkinen, Markku Niemi, Pauli Saksa, Aimo Vuento

KIVIKLUSTERIHANKE

**Geofysikaalisten mittaustulosten ja louhinnan aikaisten
havaintojen vertailu graniittilouhimolla**

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisu

Saimaa University of Applied Sciences Publications



Etelä-Karjalan liitto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisu

Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia A 37

ISBN 978-952-5714-84-5 (PDF)

ISSN 1797-7266

TIIVISTELMÄ

Osana Etelä-Karjalan kiviklusteri-hanketta tehtiin kivilouhimolla geofysikaalisia mittauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää, pystytäänkö kallion halkeamia ja muita kiven ”vikoja” paikallistamaan mittausten avulla ennen louhintaa. Halkeamien ja muiden ei-toivottujen ominaisuuksien havaitseminen ennen louhintaa helpottaa louhinnan suunnittelua ja ennen louhimon avaamista tieto kiven laadusta auttaa toiminnan kannattavuuden arvioinnissa ja louhimon avaamispäätöksen tekemisessä.

Mittausmenetelminä olivat maatulkaus, magneettinen gradiometraus, sähkömagneettinen taajuusluotaus sekä rakojen havainnointi mittausten yhteydessä. Syvyysulottuvuutta mittauksilla oli noin 10 m. Lisäksi kaikkiin mittauksiin liittyi paikantamisen menettelyt. Tulkituista havainnoista koottiin malli, jossa havaitut epähomogeenisuudet on esitetty kolmiulotteisesti.

Tulkittua mallia verrattiin louhinnan aikana tehtyihin havaintoihin, joilla pyrittiin kartoittamaan louhinnan aikana esille tulevat raot, värvirheet ja muut viat, jotka haittaavat myytäväksi tarkoitettujen kiviblokkien valmistusta. Kamin paloittelun seuranta tapahtui paikalla käynnein ja louhimon työnjohtajan tekemin havainnoin. Paikallakäyntien aikana pystyttiin seuraamaan uusien pintojen esille tuomia piirteitä vain kaatolohkareiden räjäytyksiin ja osittain kaatolohkareiden aihioiksi paloitteluun saakka. Näin ollen kamin irrotusräjäytyksen jälkeen voitiin pääosin seurata kamin pitkittäissuunnassa esiin tulevia pintoja.

Kokonaisuutena todettujen rakojen ja piirteiden selitystasetta mallin kappaleilla voi pitää melko vaatimattomana. Seurannassa todetuista 43 raosta malli selittää 23 kpl eli 53.5 %. Toisaalta malli sisälsi vastaavilla pinnoilla paljon runsaammin niitä leikkaavia piirteitä, yhteensä 88 kpl. Näistä havainnot vastasivat 28 kpl eli selitystasetta mallin kappaleille oli 31.8 %.

Varsin yllättävänä voi pitää, etteivät magneettiset sinänsä voimakkaat ja jatkuvat anomaliat useinkaan selittyneet todetuilla raoilla. Sähkömagneettiset tulkinnat olivat jo valmiiksi epävarmoja laitevian vuoksi. Ne kuitenkin sisällytettiin tulkintaan ja malliin, jotta voitiin tarkastella laitteen toimivuutta ja tulosten vastaavuutta eri menetelmien välillä.

Geofysikaalisten mittausten perusteella tehdyt mallit eivät vastanneet kovin hyvin louhinnan aikana tehtyjä havaintoja. Projektissa valittiin käytettävät mittausmenetelmät ja siirryttiin suoraan mittausten tekemiseen. Mittausaikatauluun olisi pitänyt saada laiteteknistä testausta ennen varsinaisten mittausten tekemistä, ja selvitys kunkin mittausmenetelmän käytännön tarkkuudesta. Geofysiikan käyttö ja oikeiden tulkintojen tekeminen vaatii pitkäjänteisempää tutkimusta kuin mihin tässä projektissa oli mahdollisuuksia. Laitteita käyttävien henkilöiden ja tulkinnan tekijöiden pitää päästä vertaamaan mittaustuloksia ja todellisuutta pitemmällä aikavälillä ja kehittämään menetelmiä ja tulosten tulkintaa saatujen kokemusten pohjalta.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	3
1 JOHDANTO	5
2 MITTAUKSET JA NIISSÄ SAADUT TULOKSET	6
3 LOUHINNAN AIKANA TEHDYT HAVAINNOT	7
3.1 Kamin irrotusräjäytyksen jälkeiset vikakohdat	8
3.2 Kamin paloitteluvaiheen havainnot	12
4 MITTAUSTULOSTEN JA LOUHINNAN AIKAISTEN HAVAINTOJEN VERTAILU	22
4.1 Kamin louhinnan aikaisten havaintojen vertailua v. 2011 tutkimustuloksiin (Geosto Oy:n raportti, joulukuu 2012, Pauli Saksa)	22
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSTARPEET	28
Lähteet	30
Liitteet	31

1 JOHDANTO

Euroopan aluekehitysrahaston rahoittaman Etelä-Karjalan kiviklusteri-hankkeen tavoitteena on edistää kivialan liiketoimintaa ja tunnettuutta alueella. Saimaan ammattikorkeakoulu on hallinnoinut projektia.

Osana hanketta selvitettiin kalliohalkeamien paikallistamismenetelmiä ja tehtiin mittauksia Mätön louhimolla. Mittauksissa käytettiin 250 MHz taajuuden maatutkaa (Malå Geoscience), magneettista gradiometriä (Geometrics G-858) ja sähkömagneettista taajuusluotauslaitetta (GSSI EMP-400). Saimaan ammattikorkeakoulu suoritti maatutkauksen ja kartoitti tutkimusalueen. Magneettisen ja sähkömagneettisen mittauksen suorittivat yhteistyössä Pöyry Finland Oy ja Geosto Oy. Raportoinnin tekivät Pöyry, Geosto, FCG ja Geoneuvo.

Tämän selvityksen tavoitteena on vertailla mittauksissa saatuja tuloksia louhinnan aikana tehtyihin havaintoihin. Tavoitteena on selvittää millaiset viat on mahdollista saada näkyviin nykyisillä geofysikaalisilla mittausmenetelmillä ja toisaalta minkä tyyppisiä vikoja mittauksilla ei ole pystytty havaitsemaan, vaan ne tulevat ilmi vasta louhinnan aikana. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa voidaan etsiä sellaisia mittausmenetelmiä, joilla kyseiset viat pystytään paremmin havaitsemaan ennen louhintaa tai kehittää uusia menetelmiä.

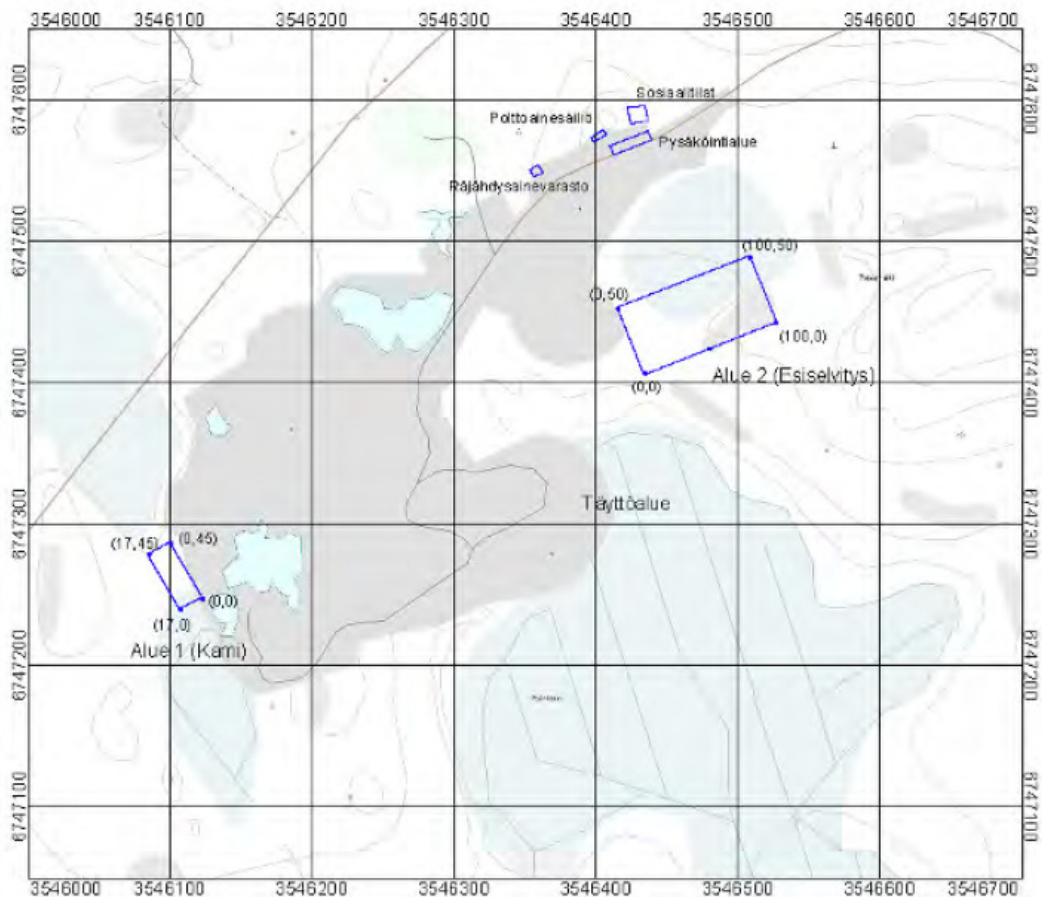
Selvityksen tekemiseen ovat osallistuneet Eero Heikkinen Pöyry Oy:tä, Markku Niemi LT Granit Oy:stä, Aimo Vuento toiminimi Geoneuvosta, Pauli Saksa Geosto Oy:stä ja Tuomo Tahvanainen Saimaan ammattikorkeakoulusta. Eero Heikkinen on tehnyt mittaustulosten tulkinnat, Aimo Vuento on osallistunut havaintojen tekoon louhimolla ja toiminut geofysiikan asiantuntijana havaintoja tulkittaessa, Pauli Saksa on tehnyt vertailua mittaustulosten ja louhinnan aikaisten havaintojen välillä ja kirjoittanut tämän raportin luvun 4, Markku Niemi on osallistunut havaintojen tekoon louhimolla ja vastannut louhinnan ohjauksesta ja Tuomo Tahvanainen on osallistunut havaintojen tekoon louhimolla ja koornut tämän raportin.

2 MITTAUKSET JA NIISSÄ SAADUT TULOKSET

Mittauksista ja niiden tuloksista on tehty kiviklusterihankkeen yhteydessä oma julkaisu. Seuraavassa on kerrattu vielä yhteenveto mittausraportista (Heikkinen ja muut).

”Mittauksissa käytettiin 250 MHz taajuuden maatutkaa (Malå Geoscience), magneettista gradiometriä (Geometrics G-858) ja sähkömagneettista taajuusluotauslaitetta (GSSI EMP-400). Saimaan ammattikorkeakoulu suoritti maatutkauksen ja kartoitti tutkimusalueen. Magneettisen ja sähkömagneettisen mittauksen suorittivat vuokratulla kalustolla yhteistyössä Pöyry Finland Oy ja Geosto Oy. Raportoinnin tekivät Pöyry, Geosto, FCG ja Geoneuvo.

Mittaukset tehtiin lähitulevaisuudessa irrotettavan kamin yläpinnalta 45 x 17 m² pinta-alalla metrin linjavälein. Maatutkamittausten pisteväli oli 50 cm ja osittain 25 cm. Alue oli puhdistettu pyöräkuormaajan kauhan avulla irtomaasta ja kalliopainanteet oli pääosin pumpattu kuivaksi. Lisäksi tutkittiin tulevaisuudessa mahdollisesti louhittavaksi otettava 50 x 100 m alue, joka on edelleen maapeitteinen. Mittaus tehtiin 5 m linjavälein (maatutkalla 10 m linjavälein). Kosteat sääolosuhteet hankaloittivat työtä. Mittausalue ja kamin mittauksissa käytetty paikalliskoordinaatisto on esitetty kuvassa 1. Myöhemmin tässä raportissa esitetyt mitat ja koordinaatit ovat tässä samassa paikalliskoordinaatistossa.



Kuva 1. Mittausalue Mätön louhimolla /1/.

Tulokset piirrettiin kartoiksi ja poikkileikkauksiksi. Magneettisen gradiometrin ja sähkömagneettisen luotauksen tuloksista tulkittiin todennäköiset kallion viat (raot ja juonet). Maatutkaprofiileista tulkittiin maakerrospaksuus ja havaittavat heijastukset, jotka viittaavat vikoihin. Tiheä kamin alueen tutkimista käsiteltiin myös 3D-migraation avulla. Tämän perusteella voidaan arvioida kuinka hyödyllinen monikavanaisen tutkan ja tulostusmenetelmän käyttö olisi tämän kaltaisessa kohteessa.

Alueilla joista maakerros on pääosin poistettu, geofysikaaliset kartoitukset ja luotaukset voidaan suorittaa tehokkaasti tiheällä linjavälillä. Maatutkamittaus on hitain toteuttaa (0.1 – 0.25 ha/pv). Muut mittaukset voidaan suorittaa nopeudella 1 – 2 ha/pv.

Maatutka soveltuu heijastuksen aiheuttavien vikojen paikannukseen ja jatkuvuuden mittaukseen. Magneettinen gradiometri havaitsee erittäin hyvin kallion mineralogiset vaihtelut ja täytteiset rakopinnat. Sähkömagneettinen luotaus havaitsee rikkonaiset osuudet kalliosta. Maanpinnan tasoon puhkeavat pystytköt raot saadaan näkyviin kaikilla menetelmillä, tarkimmin magneettisen gradientin avulla. Ainoastaan maatutkan avulla saadaan tietoa loivakaateisista raoista, erityisesti niiden syvyyssasemasta.

Menetelmiä kannattaa käyttää yhdessä. Ne soveltuvat sekä puhdistetulla pinnalla että maapeitteen läpi käytettäväksi.”

Maatutkamittausten tulosten tulkinnat louhitun kamin alueelta on esitetty yhden metrin välein tehdyissä kamin pituusleikkauksissa (liitteet 1-9). Maatutkamittausten tulostuskuvat on tehty seuraavasti:

- käännetty siten että kaikki ovat kamin ulkopuolelta länteen, etelä vasemmalla, pohjoinen (45m) oikealla
- DC taso poistettu
- suoraa aaltoa vähennetty 51 rekisteröinnin horisontaalisuodatuksella
- kaistanpäästösuodatus 50...100 - 350...400 MHz
- ajan vähennys -12 ns
- ajan katkaisu 220 ns (13 m; nopeudella 125 m/mikrosek).
- manuaalinen vahvistus -20...0...+10 dB, 0...40...220 ns.

Kuvissa on melkoisesti lätäköistä johtuvaa soimista. Sitä voi poistaa, mutta samalla lähtee oikeitakin piirteitä (Heikkinen ja muut).

3 LOUHINNAN AIKANA TEHDYT HAVAINNOT

Mittausalueelta seurattiin ensimmäisen kamin louhintaa. Kamin mitat olivat pituus 45 m, leveys 8m ja korkeus 4m. Kamin louhinta aloitettiin irrotusräjätöksellä, jossa koko kami irrotettiin kalliosta. Kamin paloittelu aloitettiin koordinaatiston (0,0) päästä (kuva 1). Mittaustuloksia olisi ollut käytettävissä leveyssuunnassa vielä toisen kamin verran, koska mittausalueen leveys oli 17 m. Korkeussuunnassa mittaustulokset ulottuivat 10 metrin syvyyteen, joten korkeussuunnassakin olisi voitu seurata yksi

kerros lisää. Projektin päätyminen ennen louhinnan etenemistä em. alueille esti kuitenkin seurannan ainakin tämän projektin aikana.

Kamin irrotusräjätysten jälkeen kami valokuvattiin ja kartoitettiin kamin näkyviltä pinnoilta viat ja kamin katkeamakohtat. Kartoituksessa käytettiin yksinkertaista 5 m x 5 m ruudukkoa, johon merkittiin havainnot. Kamin paloittelun aikana muutettiin välillä kaatolohkareiden kaatosuuntaa, joten em. ruudukkoa ei voitu käyttää systemaattisesti. Valokuvausta käytettiin apuna havaintojen dokumentoinnissa. Havaintotuloksissa on jonkin verran epätarkkuutta rakojen sijainnissa, koska aina ei ollut mahdollista mitata rakojen sijaintia tarkasti edessä olevien lohkaroiden takia, vaan sijaintia jouduttiin arvioimaan.

Kamin paloittelun aikana tehtiin havaintoja sekä kamin katkaisulinjoilta, että kaatolohkareiden pinnoilta. Tavoitteena oli saada aineistoa seuraavista asioista:

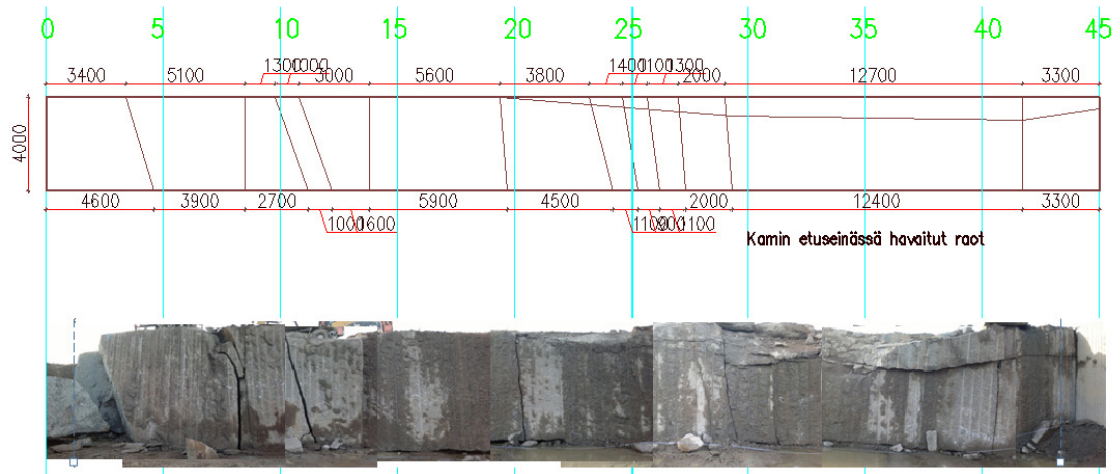
- kamin rajautuminen
- havainnot kivilajista
- missä kohtaa on sijainnut merkittäviä vikoja, ja mikä on niiden tyyppi, asento ja jatkuvuus
- vaakarako, pystyrako, juoni, värivirhe, ”savuvika”, ym.
- laajemmat käyttökelvottomat alueet
- irrotettavien ehyiden lohkojen sijainti (jos mahdollista)
- myyntiin kelpaavien lohkojen sijainti ja koko (jos mahdollista)

3.1 Kamin irrotusräjätysten jälkeiset vikakohtat

Kami katkesi irrotusräjätysten useasta kohti poikki. Katkeaminen tapahtui suurimmaksi osaksi pystyrakojen kohdilta. Pystyraoista suurin osa oli nähtävissä kallon pinnalta jo ennen louhintaa. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty kamin etuseinä (paikalliskoordinaatistossa 0-linja). Kuvassa näkyvät kamin katkeamakohtat.



Kuva 2. Kamin etuseinä irrotusräjätysten jälkeen.



Kuva 3. Piirros rakojen sijainnista kamin etuseinässä, ja etuseinästä kamin irrotuksen jälkeen otetuista valokuvista tehty kooste

Kamin etuseinän yläosa on rikkoutunut välillä 20-45 m ja siitä irtosi räjäytyksessä pintaa kohti nouseva pala. Tämä on aikaisempien louhintojen yhteydessä syntynyt räjäytysvika, joka tyypillisesti nousee syntypaikastaan lähtien kaareutuen pintaa kohti. Vika on siis ollut olemassa jo mittauksen suoritusaikana. Yläreunan irronnut osa näkyy kuvassa 3.



Kuva 4 . Kamin alkupäästä on irronnut lohcare (noin 3x3 m) rakopintoja pitkin. Rakopinnalla oli tummien mineraalien muodostama täyte (kova).



Kuva 5. Kamin pääty irrotuksen jälkeen, kaatolohkareen poraus on käynnissä. Porattavan kaatolohkareen paksuus on 1.9m, joten kamin pituussuuntainen rako on kallion pinnalla noin 2.5 m päässä kamin etuseinästä. Pituussuuntaisten rakojen kaateet olivat 70-75 astetta kamin etuseinää (linja 0) kohti.



Kuva 6. Kamin takaseinä irrotuksen jälkeen kamin alkupäästä (0 m/8 m) katsottuna. Takanurkan koordinaatit ovat (3,7 m/8 m) koska alkupää porattiin vinoksi irtoamisen helpottamiseksi. Koneen edessä näkyvä rakopinta kamin poikki on 8,5 m kohdalla.

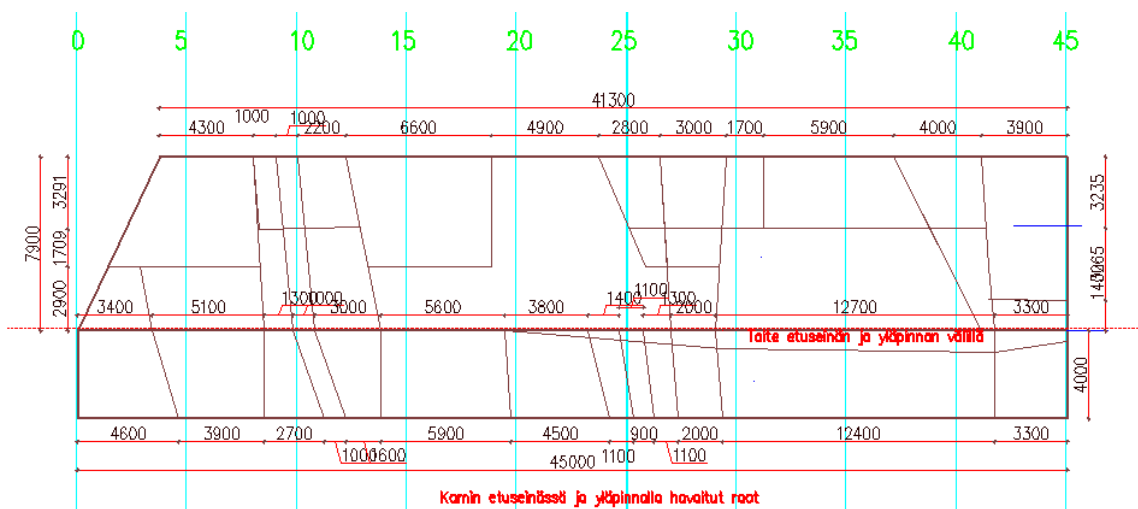
Kamin päältä voitiin havaita, että suurin osa etuseinään avautuneista raoista jatkui kamin poikki lähes kohtisuoraan kamin pituussuuntaa vastaan. Etuseinänässä näkyvät raot avautuivat suurimmaksi osaksi koko kamin poikki ja katkaisivat kamin räjäytyksessä palasiin. Kuvassa 7 näkymä kamin takanurkasta (45 m, 8 m). Kaikki pinnalta havaitut raot on esitetty kuvan 8 piirroksessa, jossa on myös etuseinän raot.

Kamin pinnalle linjalle noin 3m etuseinistä oli syntynyt pitkittäisrako, joka oli havaittavissa väleillä 0-8 m, 13,5-19 m ja 26-29 m. Kamin alkupäässä 0-8 m tämä pitkittäinen rakolinja on nähtävissä kuvassa 5. Raon kaade oli etuseinään päin 4 m kamin korkeuden matkalla noin 1-1,3 m.

Toinen kohta, josta kami halkesi pitkittäin, oli 4.3m päässä etureunasta ja oli havaittiin kamin loppupäässä välillä 25-41,5 m. Tämä rako näkyy kuvassa 7. Samassa kohtaa n. 4,5 m etuseinistä oli kamin pinnalla pitkittäisrako pituusvälillä 8-13 m. Raon kaade oli etuseinään päin 70-75 astetta (4 m kamin korkeuden matkalla noin 1-1,3 m).



Kuva 7. Näkymä kamin takanurkasta (45 m/8 m) kamin irrotusräjäytyksen jälkeen.



Kuva 8. Kamin rakahavainnot irrotusräjäytyksen jälkeen.

3.2 Kamin paloitteluvaiheen havainnot

Kamin pituusväli 0-8,5m

Kamin paloittelu aloitettiin mittauskoordinaatiston nolla päästä. Paloittelussa käytettiin hyväksi irrotusräjätöksessä syntyneitä katkeamakohtia. Nurkasta irtosi kamin irrotuksessa pala väliltä 0-3,4 m. Ensimmäinen kaatolohkare porattiin tämän kappaleen jälkeen etuseinästä 8,5 m kohdalla olevaan pystyrakoon saakka. Kaatolohkareen paksuus oli n. 1,9 m. Tämän lohkareen takana oli kamin pitkittäissuuntainen rako, ja kaatolohkareen takapinta pitkittäisrakoon saakka meni hukkakiveksi, mutta kamin takaseinästä lähtien louhittiin tältä samalta kohtaa kaksi kaatolohkareta lisää. Kamin päässä ei ollut irrotusräjätöksessä avautuneiden rakojen lisäksi muita vikoja, joten päästä tehtiin myyviä kiviä. Kivien muotoilusta myyntikokoisiksi blokeiksi syntyi hukkaa.

Pääty oli kokonaisuudessaan värivirheellinen, mutta kuitenkin niin lievästi, että siitä tehtiin myytäväksi tarkoitettuja blokkeja. Värisävy oli päässä vihreämpi kuin Baltic Brownin normaali väri. Värivirheen takia saatiin vain 2-luokan kiviä.



Kuva 9 . Rako kamin poikki kohdalta 8,5m kamin takaseinältä katsottuna. Rakopinnan yläosa on ruosteisen värinen (pintaveden vaikutuksesta). Koneen tukijalan alla voidaan nähdä kaksi loivasti (n.30 astetta) kamin alkupäähän päin kaatuvaa ”viivausta”.

Kamin pituusväli 8,5- 13,8m

Kamin pituusväliltä 8,5m-13,8m saatiin vain yksi kaatolohkare kohdasta 11,8-13,8 m/5-8 m. Muita osia rikkoivat tällä välillä pitkittäinen rako ja kaksi kamaa viistosti leikkaavaa rakopintaa. Raot sijaitsivat siten, että muut osat tältä väliltä olivat liian pieniä hyödynnettäväksi (katso kuva 8). Hyödyksi käytettävä kaatolohkare irrotettiin sen jälkeen kun seuraava väli 13,8-19,5 m oli louhittu.



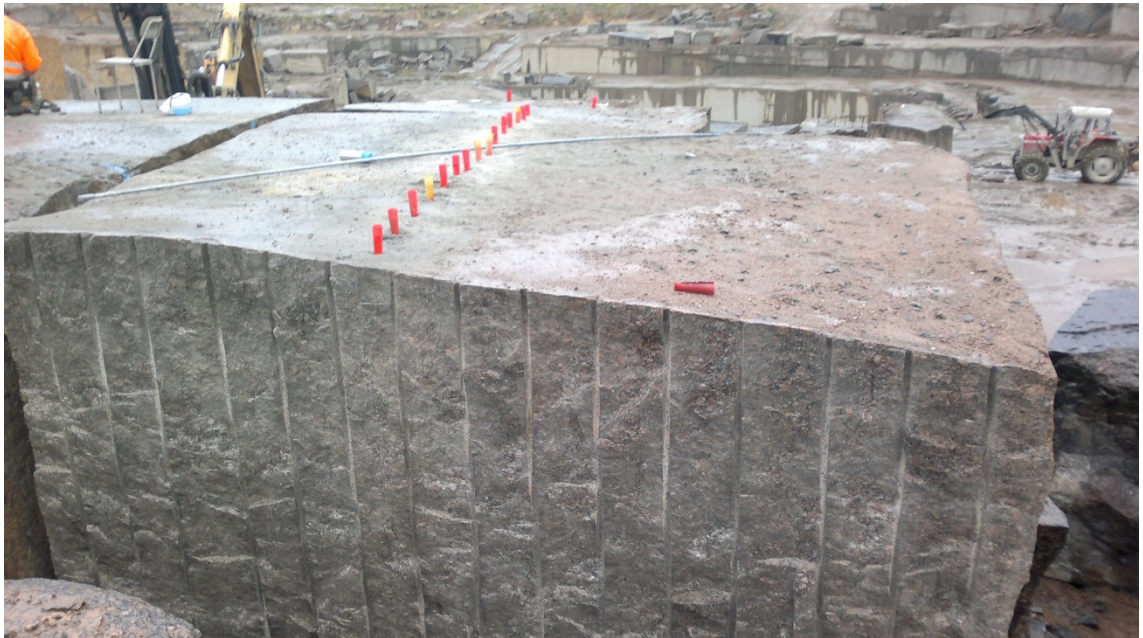
Kuva 10 . Rakopinta 8,5 m kohdalta on ollut yläosastaan avoin. Ruosteen väri on pintaveden aiheuttamaa, muu osa rakopinnasta tummien mineraalien peittämää, samoin pitkittäisraon pinnat. Pitkittäinen rakopinta kaatuu etuseinään päin, matka etuseinästä ylhäällä 4,2m, alhaalla 2,9m. Pitkittäisrako jatkuu seuraavaan poikkirakoon 13.8m saakka. Oikea puoli meni rikoksi rakojen ja värivirheen vuoksi. Vasemmalta puolen saatiin kaatolohkare väliltä 11,8- 13,8 takaseinästä rakopintaan saakka. Tässä näkyvästä pinnasta em. kaatolohkareeseen asti kivessä oli yläpinnalla nähtävissä kaksi kamaa viistosti leikkaavaa rakopintaa (toisessa ”musta nauha”), joiden vuoksi tämä osa meni rikkokiveksi.



Kuva 11. Kamin takaseinällä lohkeama kohta 8,5 m eteenpäin korkeus noin 0,5 m.



Kuva 12. Väliltä 8,5 -13,8 m sivukiveksi meneviä osia. Etualalla on nurkasta kaadettu lohkare, jossa on tummien mineraalien peittämät rakopinnot, ja lohkare on värivirheellinen. Pitkittäisraon oikea puoli ja vasen puoli menevät sivukiveksi pinnalla näkyviin porausreikiin saakka, koska tässä osassa on kaksi vinosti kamin poikki menevää rakolinjaa, joista toinen oli musta nauha ja kivi on lisäksi värivirheellistä.



Kuva 13. Välin 8,5-13,8 m myyntikiveksi tehtävä kaatolohkare porauslinjan vasemmalla puolella kamin takaseinältä kuvattuna.

Kamin pituusväli 13,8-19,5m

Louhimokäynnillä 8.10. 2012 oli räjäytetty 1,9 m paksu kaatolohkare etuseinästä rakojen väliltä kohdasta 13,8-19,5 m. Kaatolohkareen yläreunassa 1,3 m pinnasta oli sama räjäytysvika, joka on kamin yläreunassa myös koko loppupään matkalla (15- 45 m). Ensimmäinen aihio n. 2 m tästä kaatolohkareesta oli irrotettu kiilaamalla väliltä 13,8-15,8 m. Aihion pohjalla kiilauspinnalla oli pieni musta nauha esiintymä (kuva 14). Kaatolohkareen pintaosa räjäytysvian yläpuolelta menee sivukiveksi, loppuosasta saatiin myytäviä kiviä. Tältä samalta väliltä tehtiin kaatolohkareita kamin takaseinään (linja 8 m) asti ja ennuste oli hyvä, että tästä saataisiin myytäviä kiviä.



Kuva 14. Ensimmäinen kaatolohkare väliltä 13,8 m-19,5 m, paksuus 1,9 m. Näkyvän pinnan etupuolelta on kiilattu jo yksi aihio (väli 13,8 m-15,8 m). Tikkaiden kohdalla alanurkassa on pieni musta nauha. Sinisellä on maalattu yläosassa (kaadetun lohkarren oikea pääty) räjäytysvika, joten yläosa menee sivukiveksi ja lohkarresta saadaan vielä kaksi ahiota. Poikittainen rakopinta 19,5 m kohdalla on ruosteen värinen.

Seuraavien kahden kaatolohkareen välisellä porauspinnalla (3,9 m etuseinästä) oli tumma sulkeuma ja vaaleampi ruskea sulkeuma.



Kuva 15. Välillä 13,8 m-19,5 m kivi on ehjää. Ensimmäinen kaatolohkare on räjäytetty kamin etuosasta ja toisen poraus on käynnissä. Sinisellä on maalattu viimeisen kahden kaatolohkareen välinen porauslinja. Kaatolohkareiden paksuudet 1.9 m. Nyt porattavan linjan yläosasta löytyi tumma sulkeuma (musta spotti, läpimitta 30 cm). Sulkeuman sijainti pituuspaalulla 14,4 m etuseinästä 3,9 m, syvyys 0,95 m pinnasta. Pituus paalulla 15,5 m oli ruskea sulkeuma 3,9 m päässä etureunasta ja 1,9 m syvyydellä kamin pinnasta. Takimmainen kaatolohkare rikkoutui räjäytyksessä ja samoin oikealla näkyvä edellisen välin ainoa hyötykiveksi ajateltu lohkare. Rikkoutuminen johtui siitä, että räjäytys jouduttiin tekemään liian ahtaassa paikassa. Myöhemmin selvisi, että rikkoutumispinnoilla oli myös mustaa nauhaa. Rikkoutumiskohdat sijaitsivat molemmin puolin 13,8 m kohdan poikittaista rakopintaa.

Kamin pituusväli 19,5 m-24,2 m

Seuraava poikittainen rakopinta on kamin pinnalla kohdalla 23,2 m ja pohjalla 24,2 m. Tämä näyttää ehjältä, joten siitä pyritään tekemään myytäviä kiviä. Kamin etureunassa on räjäytysvian aiheuttama lohkeama ja takanurkassa pieni kamin irrotusräjäytyksessä syntynyt lohkeama.



Kuva 16. Väli 19,5 m-24,2 m on ehjän näköistä kiveä.



Kuva 17. Kaatolohkare väliltä 19,5 m-24,2 m ja linjojen 3,2-5,1 m väliltä. Kallion pintaosa katsojaan päin kaadettuna. Näkyvissä räjäytysvian päättyminen kaatolohkareen keskivaiheilla. Nurkassa räjäytysvika päättyy pystyyn rakopintaan, joten loppupään pitkittäisrako linjalla 4,3 m jatkuu pinnassa hiukan pidemmälle kuin kamin irrotuksen jälkeen näytti.



Kuva 18. Kaatolohkareet väliltä 19,5 m-24,2 m ja linjojen 4,1-8 m väliltä. Pystyssä olevan kaatolohkareen alaosassa näkyy räjäytyksessä rikkoutunut osa, jossa näkyvissä on myös mustaa nauhaa. Kamin katkeamakohtissa on tässä kohtaa ruosteisia pintoja, jotka johtuvat pintaveden pääsystä kalliorakoihin.



Kuva 20. Kamin poikittaisrako kohdassa 24,6 m, yläreuna on ruosteen värinen.

Kamin pituusväli 24,2 m- 29 (29,3 m alareunassa)

Tällä välillä ei tehty kamin paloittelun aikana mitään erityisiä lisähavaintoja. Kamin irrotuksen jälkeen tällä välillä oli rikkonaisempi kohta.



Kuva 21. Kamin paloittelu on edennyt kohtaan n. 30 m. Kamin pinnalla räjäytyksen jälkeen havaittu rako on tässä näkyvissä. Raon kaade on noin 70 astetta ja kaateen suunta kamin etureunaa kohti.

Kamin pituusväli 29m- 35m

Tällä välillä kami oli ehjä lukuun ottamatta etureunan räjäytysvikaa ja kamia välillä 25-45m halkaisevaa lähes pystyasentoista rakopintaa, joka oli nähtävissä jo kamin irrotusräjäytyksen jälkeen 3,3 m päässä kamin takareunasta (5,6 m etureunasta). Lisäksi tämän raon takana 1,8 m takareunasta on kuvassa 22 nähtävissä toinen rako kamin pintaosassa. Pitkittäisen raon takia kaatolohkareiden kaatosuunta muutettiin poikittaiseksi.



Kuva 22. Kamin paloittelu on edennyt kohtaan 32,5 m alusta. Pysty pituussuuntainen rakopinta, jonka kaade on n. 75° etuseinään päin, halkaisee kamin loppuosan. Rakopinnan sijainti kamin pinnalla oli 3,1 m takaseinästä ja pinnalla oli nähtävissä rako välillä 25-45 m. Yläreunassa 1,8 metrin päässä takaseinästä on näkyvissä myös

toinen rako, jolla on sama kaade. Kamin yläosan räjäytysvika päättyy kamia pituussuunnassa halkaisevaan rakoon ja lohkeaman takaseinällä näkyy musta rakopinta, jota pitkin yläosa on lohjennut (katso kuva 23).



Kuva 23. Edellisen kuvan etureunan lohkeama (sijainti pituus paalulla 36,5 m).



Kuva 24. Kamin loppupään (25-45 m) halkaiseva rakopinta on tummien mineraalien peittämä.

Kamin pituusväli 35-45m

Tällä välillä ainoa kamin irrotuksen jälkeen etuseinästä havaittu pystyrako oli kohdassa 41,4 m. Kamin etuseinässä oli lisäksi nähtävissä vaakarako ja rikkoutunutta kiveä

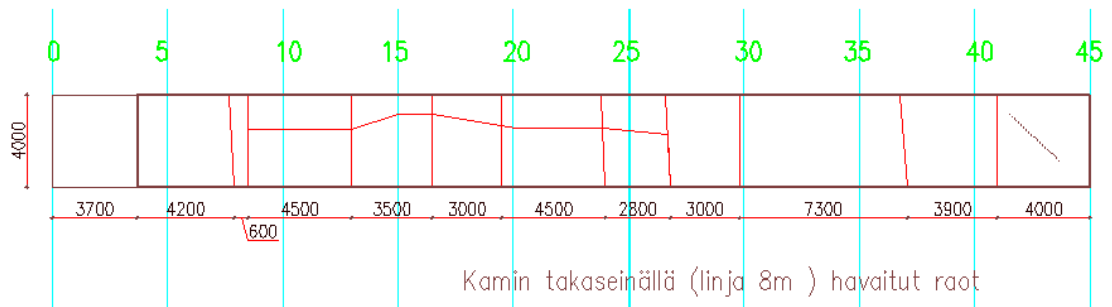
yläreunassa. Vaakarako ja rikkoutunut yläosa on tulkittu räjäytysviaksi. Kallion pinnalla on näkyvissä kamin poikittainen rako samalla kohtaa kuin pystyrakokin. Samasta kohtaa lähti kamia vinosti leikkaava rako, joka takaseinällä oli kohdassa 37 m. Kamin pituussuunnassa oli näkyvissä edellä mainittu kamia halkaiseva rako, joka sijaitti kallion pinnalla 3,7 m päässä etureunasta. Lisäksi kamin päässä, 0,5 m päässä etuseinästä, oli kamin pinnalla pitkittäissuuntainen rako, joka ulottui kohdan 41,4 m poikittaiseen rakoon saakka. Kamin paloitteluvaiheessa ei tehty mitään mainittavia lisähavaintoja.



Kuva 25. Kamin loppupään raot kallion pinnalla. Räjähdeaatikon luona poikittainen rako 41,5 m kohdassa, vinosti leikkaava rako etualalla ja pitkittäinen rako nurkan lohkeaman kohdalla. Louhittu pääty on kohdassa 35 m.

Havainnot takaseinästä

Kamin paloittelun jälkeen käytiin havainnoimassa vielä jäljelle jäänyt kamin takana ollut seinämä (linjalla 8m). Havainnot on esitetty kuvan 26 piirroksessa. Seinässä oli kamin poikki jatkuneita pystyrakoja ja lisäksi vaakarako, jota ei missään vaiheessa huomattu kamin paloitteluvaiheessa. Vaakarako on mahdollisesti avautunut myöhemmin jännitystilan vuoksi.



Kuva 26. Kamin takana jäljelle jääneestä seinästä tehdyt havainnot. Välillä 40- 45 m oleva 45 asteen kulmassa oleva merkintä ei ole rako vaan kiven avonaisuuden aiheuttama ”viivaus”.

4 MITTAUSTULOSTEN JA LOUHINNAN AIKAISTEN HAVAINTOJEN VERTAILU

Kamin paloittelun seuranta tapahtui paikalla käynnein ja louhimon työnjohtajan tekemiin havainnoin. Paikallakäyntien aikana pystyttiin seuraamaan uusien pintojen esille tuomia piirteitä vain kaatolohkareiden räjäyksiin ja osittain kaatolohkareiden aihioiksi paloitteluun saakka. Näin ollen kamin irrotusräjäytyksen jälkeen voitiin pääosin seurata kamin pitkittäissuunnassa esiin tulevia pintoja. Aihoiden paloittelua myytäväiksi blokeiksi ei käytännössä ollut enää mahdollista seurata, koska se tapahtui eri paikoissa, eikä ollut mahdollista jäljittää enää aihion ja blokin alkuperäistä paikkaa kamissa. Tässä keskitytään vertaamaan mittaustuloksia havaintoihin, joita saatiin kamin irrotusräjäytyksessä sekä kamin pilkkomisessa kaatolohkareiksi.

Maatutkamittauksista, magneettisista mittauksista ja sähkömagneettisista mittauksista tehdyn tulkinnan perusteella Pauli Saksa Geosto Oy:stä on tehnyt mallin. Kohdassa 4.1 on esitetty Geosto Oy:n raportin vertailu tämän mallin ja louhinnan aikaisten havaintojen yhteensopivuudesta.

4.1 Kamin louhinnan aikaisten havaintojen vertailua v. 2011 tutkimustuloksiin (Geosto Oy:n raportti, joulukuu 2012, Pauli Saksa)

Tutkimustulokset ja malli

Mätön louhimolla syksyllä 2011 mitattiin suurehko kalliotilavuus useilla geofysiikan mittausten menetelmillä ja tulkittiin tulokset. Mittaukset ja tulkinnat on esitetty raportissa Heikkinen ja muut (2012). Mittauksia tehtiin paljastetun kalliotilavuuden, vaakadimensioiltaan 45 x 17 m, päältä. Mittausmenetelminä olivat maatutkaus, magneettinen gradiometraus, sähkömagneettinen taajuusluotaus sekä rakojen havainnointi mittausten yhteydessä. Syvyysulottuvuutta mittauksilla oli noin 10 m. Lisäksi kaikkiin mittauksiin liittyi paikantamisen menettelyt.

Tulkituista havainnoista on myöhemmin koottu malli, jossa havaitut epähomogeenisuudet on esitetty kolmiulotteisesti (Saksa ja muut, 2012).

Malliin koottiin seuraavat tiedot:

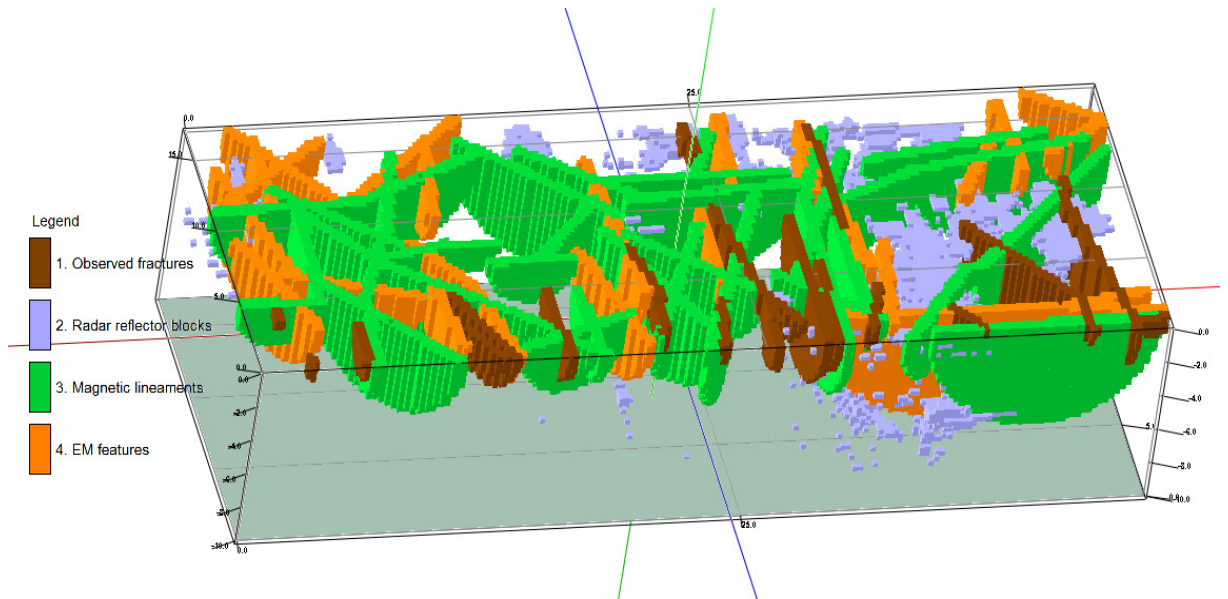
- Mittausten aikaiset rakohavainnot yhdistettiin tuloskartasta lineaarisiksi piirteiksi, jotka digitoitiin.
- Maatutkan prosessoinnin ja migraatioprosessin pohjalta lasketut aaltoenergiaa heijastavien kalliopiirteiden sijainnit kuvattiin soluina. Yksittäisen heijastussolun koko on 0.25 m (kuutio). Kallion pintaosassa heijastusenergiaa ja osin myös kohinaa esiintyi melkoisesti. Siten malliin otettiin solut kallionpinnasta 0.75 m syvyydeltä alkaen ja heijastavan solun amplitudiarvolla yli 1400. Menettelyllä pyrittiin pääsemään eroon heikoista ja epävarmoista laskentahavainnoista sekä kallion pintaosan geologisesta kohinasta.
- Magneettisen gradiometrin tulokset digitoitiin kamin pinnan tulkintakartoista.
- Sähkömagneettisen luotauksen tulkintakartan piirteet digitoitiin tulkintakartasta.

Digitoidut piirteet olivat pääosin melko suoria viivoja. Käyrät piirteet digitoitiin paloittain. Koska pieniä poikkeamia esiintyi suoraviivaisuudesta, annettiin piirteille paksuudeksi ± 0.25 m keskilinjan ympäriltä, joka kattaa sekä kulun että paikannustarkkuuden vaihtelun. Kukin piirre kuvattiin puoli-ympyrän muotoisella kappaleella, jonka keskiakseli sijaitsee havaintopinnalla, halkaisija vastaa kulun pituutta ja säde (puolet halkaisijasta) kuvaa syvyysulottuvuutta. Tulkittujen havaintojen varmuustaso asetettiin korkeammasta pienempään yllä mainittujen tietojen mukaiseen järjestykseen.

Mallin kokonaistilavuus on 7650 m^3 . Näkymä malliin alaviistoon on esitetty kuvassa 4.1. Rakohavainnot ovat tumman ruskeina, tutkablokit sinisinä, magneettiset piirteet vihreinä ja sähkömagneettiset piirteet oransseina. Lähtökohtaisesti kaikki piirteet liittyvät poikkeamiin (epähomogeenisuuteen) kiven perusmassasta eli rakoihin, juoniin, rapautumiin jne. Usea eri piirre mallissa voivat havaita ja esittää samanlaisia kiven laatupoikkeamia, kun ne sijaitsevat samassa kohdassa.

Taulukossa 1 on esitetty tulkittujen ja havaittujen epähomogeenisuuksien lukumäärä, tilavuudet ja osuus mallin kalliotilavuudesta. Epähomogeenisuudet, joiden tilavuus on yhteensä 11.8 %, jakavat kalliotilavuuden pienempiin osatilavuuksiin. Hyödynnettävissä oleva blokeista vapaa kalliotilavuus on siten paljon pienempi kuin 88.2%, joka jää havaittujen poikkeamien ulkopuolelle. Tutkimuksen ja mallin tavoitteena oli osoittaa eri tyyppiset tilavuudet:

- runsaasti poikkeamia sisältävät tilavuudet, joiden kohdalla ennuste tarvekiviblokkien saannille on hyvin huono,
- runsaasti poikkeamia sisältävät tilavuudet, jotka voivat sisältää hyödynnettäviä ehjiä kiviblokkeja,
- parhaat poikkeamista vapaat kalliotilavuudet, joille saannin ennuste on korkein.



Kuva 4.1. Tutkitun kamin malli ja sen epähomogeenisuudet (Saksa ja muut, 2012).

Taulukko 1. Mallinnetun kalliotilavuuden epähomogeenisuudet (Saksa ja muut, 2012).

Epähomogeenisuus (lkm)	Tilavuus m ³	% mallin tilavuudesta
Havaitut raot (23)	108	1.4
Tutkaheijastukset (9834 blokkia)	109	1.4
Magneettiset piirteet (38)	479	6.3
Sähkömagneettiset piirteet (25)	208	2.7

VERTAILU

Vertailu kartoituspintoihin

Louhinnan aikaisen seurannan havainnot raoista ja epähomogeenisuuksista saatiin piirustuksina. Irrotetun kamin korkeus oli 4.0 m, pituus 45.0 m ja syvyys 7.9 m. Kuvat kattoivat seuraavat pinnat:

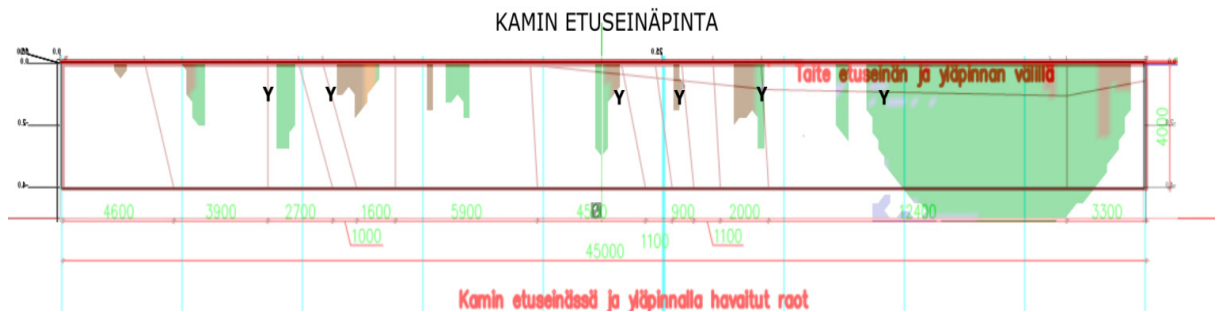
- pystyn etuseinän $Y = 0.0$ m tasalta ja syvyysväliltä $Z = -0.0 - -4.0$ m,
- vaakapinnan $Z = 0.0$ m havainnot,
- kamin takaseinän havainnot tasalta $Y = 7.9$ m , $Z = -0.0 - -4.0$ m,
- kamin oikean päätyseinän $X = 45.0$ m tasalta, $Y = 0.0 - 7.9$ m ja $Z = -0.0 - -4.0$ m.

Irroitetun kamin vasen päätyseinä $X = 0.0$ m sahattiin railonporauksessa vinoksi irtoamisen parantamiseksi. Takanurkan koordinaatit ovat siten $X = 3.7$ m ja $Y = 8.0$ m.

Käytännössä kaikki havaitut poikkeamat ovat rakopintoja, jotka on kuvattu suoraviivaisina piirustuksiin. Kolmelle raolle on mitattu kaateet. Pari sanallista kuvausta kiven laadusta on mainittu.

ARVIOINTI

Kamin etuseinän pystypinnan vertailu malliin on esitetty kuvassa 4.2. Pystypinnalta on todettu 12 kpl lähes pystyjä rakopintoja ja yksi loivasti pystypintaa leikkaava. Havainnot on merkitty ohuin punaisin viivoin.

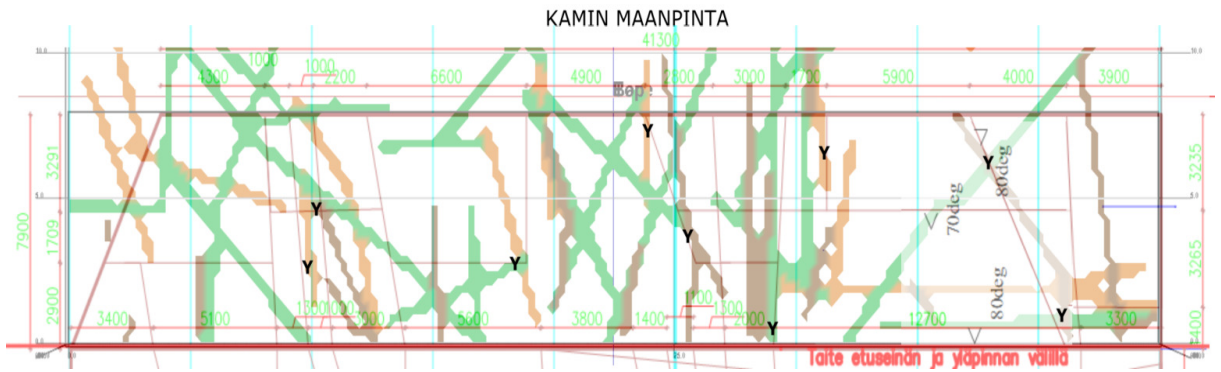


Kuva 4.2. Kamin etupäädyn pystypinta, todetut viat ja mallin leikkaus.

Mallin leikkaus on otettu väliltä $Y = 0.25 - 0.5$ m. Leikkauksessa on 9 rako-objektia ja 7 magneettista kohdetta. Yksi magneettinen kohde on lähes leikkauslinjan suuntainen oikeassa laidassa ja näkyy puoliympyräpintana. Maatutkan blokkeja (sininen) on linjan loppupäässä 1 – 1.5 m syvyydellä ja yhteensopivaan vaakarakoon liittyen. Rako- ja magneettisista kohteista 4 näyttäisi liittyvän toisiinsa samoilla kohdilla. Diskreettejä erillisiä kohteita on 15 kpl.

Todennetuista 13 raosta 6 kpl (46.2 %) vastaa mallin piirteitä. Yhtenevät piirteet on merkitty Y-kirjaimin. Vastaavasti mallin kohteista (15 kpl) selittyy 33 % todetuilla havainnoilla. Seurannassa mainittu vasemman etupuoliskon väriavika (suihku), mahdollisesti raekoko- ja mineralogisena vaihteluna voisi liittyä magneettisiin kohteisiin. Tällaisia esiintyy neljä kappaletta kamin leikkauksen alkuosuudella (vasemmalla).

Kamin kalliopinnan tason kartoituksessa havaittiin 18 kpl rakoja. Kartoituspiirros on esitetty kuvassa 3 yhdessä mallin vaakaleikkauksen kanssa. Mallin leikkaus on läheltä kalliopintaa $Z = -0.25 - -0.50$ m. Mallissa esiintyy runsaasti eri tyyppisiä kappaleita, noin 48 kpl. Näistä 9 kpl vastaa sijainniltaan ja kulultaan todettuja rakoja (Y-merkinnät). Havaituista raosta tulkitut kohteet selittävät 50 %. Toisaalta tulkituista yksiköistä todetut selittävät vain alle 20 %.



Kuva 4.3. Kamin vaakapinta, todetut viat ja mallin leikkaus.

Kamin takaseinäpinta kartoitettiin myös louhimisen yhteydessä. Pystypinnalta kartoitettiin 10 pystyä rakoja. Yksi pitkä vaakarako on raportoitu todennäköisesti avautuneen myöhemmin kiveen jännitystilän vapautuessa. Takaseinäpinnan kulmassa ($X = 40 - 45$ m) todettiin avonaisuutta (kasvanutta huokoisuutta ja viivausta). Takaseinäpinnan todettujen rakojen vertailu malliin on esitetty kuvassa 4.4. Katselusuunta on muista leikkauksista poiketen kamin sisältä kohti ulkopintaa. Mallin leikkaus on väliltä $Z = 7.75 - 8.25$ m. Mallin rakenteista leikkaa 21 kpl kuvatasoa. Näistä kaksi muodostuu tutkablokkien sarjoina leikkauksen oikeassa laidassa ensin noin 1 m syvyydellä ja toinen 3 – 4 m syvyydellä. Yksi sähkömagneettisen luotauksen rakenne leikkaa pystypintaa vasemmalta toisen Y-kirjaimen kohdalla, mutta jää magneettisen piirteen taakse kuvassa (näkyvä kuvan 3 vaakaleikkauksen yläreunassa, kohta $Y = 8$ m).

Todetuista kymmenestä pystyraosta mallin kappaleet vastaavat kahdeksaa (80 %). Malli tukee arviota myöhemmin avautuneesta vaakarasta, koska sitä ei havaita mittauksista. Mallin pystyleikkauksen kohteista selittyy 14 kpl todetuilla piirteillä (66.6 %).

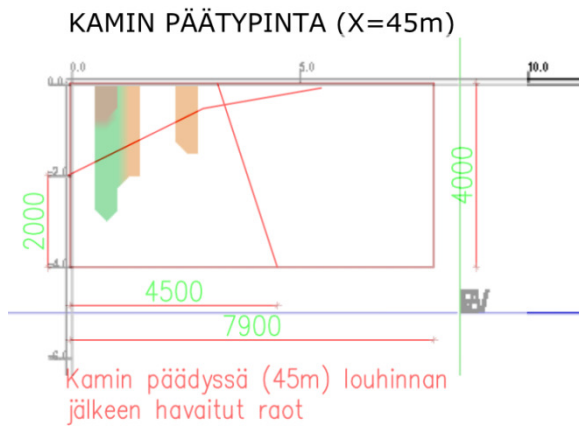


Kuva 4.4. Kamin takapäädyn pystypinta, todetut viat ja mallin leikkaus (katselusuunta kamin sisältä ulos).

Kamin päätypinnasta kartoitettiin kaksi rakoja, kuva 4.5. Mallin leikkaus $X = 44.0 - 44.5$ m on esitetty samassa yhteydessä. Todetut raot ja mallin kappaleet eivät vastaa toisiaan.

Vertailussa kuvien 2 – 5 osalta on syytä huomioida, että mallin kappaleille ei tulkittu kaateita, muuta kuin maatutkan prosessoinnin kautta, mikä näkyy tutkablokkien

sijoittumisena. Siten vertailukohdaksi otettiin maanpintatason leikkaus, koska kaateesta riippumatta havaintojen tulee silloin vastata toisiaan.

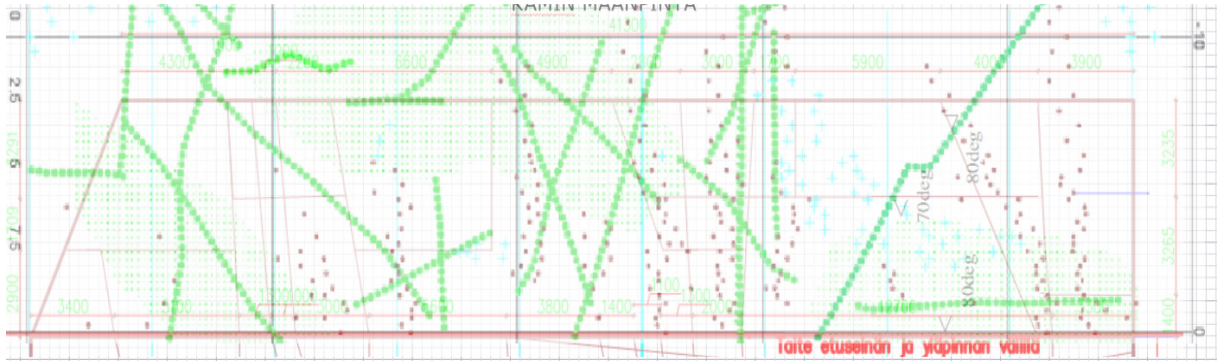


Kuva 4.5. Kamin sivupäädyn ($X = 45m$) pystypinta, todetut viat ja mallin leikkaus.

Kokonaisuutena todettujen rakojen ja piirteiden selitysastetta mallin kappaleilla voi pitää melko vaatimattomana. Seurannassa todetuista 43 raosta malli selittää 23 kpl eli 53.5 %. Toisaalta malli sisälsi vastaavilla pinnoilla paljon runsaammin niitä leikkaavia piirteitä, yhteensä 88 kpl. Näistä havainnot vastasivat 28 kpl eli selitysaste mallin kappaleille oli 31.8 %.

Varsin yllättävänä voi pitää, etteivät magneettiset sinänsä voimakkaat ja jatkuvat anomaliat useinkaan selittyneet todetuilla raoilla. Sähkömagneettiset tulkinnat olivat jo valmiiksi epävarmoja laitevian vuoksi. Ne kuitenkin sisällytettiin tulkintaan ja malliin, jotta voitiin tarkastella laitteen toimivuutta ja tulosten vastaavuutta eri menetelmien välillä.

Tarkistuksena piirrettiin kuvaan 4.6 vielä magneettisten mittausten tulkitut piirteet ja kentällä tehdyt rakoahavainnot kamin pinnalta samaan kuvaan seurantatulosten kanssa. Hailakkana ohuina punaisina viivoina näkyvät seurannan yhteydessä kartoitetut raot. Vihreinä isompina pistejonoina on esitetty magneettisten piirteiden kulkulinjat. Maatutkauksen yhteydessä mittaustuloksista tehdyt rakojen sijainnit ovat kuvassa punaisina pieninä pisteinä. Havaintojen ja tulkintojen vastaavuus on aiemmin esitetyn vertailun mukainen (kuva 2), joten merkittäviä eroavaisuuksia jää tämänkin pohjalta. Varsin outoa on, etteivät eri aikoina tehdyt rakohavainnot vastaa toisiaan.



Kuva 4.6. Suora vertailu kamin pinnan seurantatulokselle ja magneettisen sekä rakojen havainnoinnin pintakartalle.

Maatutkaan tulkintaan liittyy yksi merkittävä epävarmuustekijä tässä yhteydessä. Pystyt raot näkyvät sinänsä jo heikosti maatutkalla kallionpinnalta. Heijastus voi olla myös heikko voimakkuudeltaan. Pystyillä ja jyrkkäkaateisilla raoilla heijastuspiste on hyvin lähellä maanpintaa kaiken aikaa. Prosessoinnissa heijastuskohta (blokki) kuvautuu vastaavasti pisteeksi lähelle kallionpintaa. Kun alussa mainittiin, että maatutkan prosessoiduille blokeille tehtiin suodatusta ja jätettiin läheltä kallionpintaa $Z = -0.0 - -0.5$ m olevat ja amplitudiltaan heikot blokit pois mallista, niin näiden joukossa on voinut olla osa louhinnan yhteydessä mittauksin havaituista pystyistä tai hyvin jyrkkäkaateisista raoista.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYSTARPEET

Geofysikaalisten mittausten perusteella tehdyt mallit eivät vastanneet kovin hyvin louhinnan aikana tehtyjä havaintoja. Geofysiikan käyttö ja oikeiden tulkintojen tekeminen vaatii pitkäjänteisempää tutkimusta kuin mihin tässä projektissa oli mahdollisuuksia. Laitteita käyttävien henkilöiden ja tulkinnan tekijöiden pitää päästä vertaamaan mittaustuloksia ja todellisuutta pitemmällä aikavälillä ja kehittämään menetelmiä ja tulosten tulkintaa saatujen kokemusten pohjalta. Mittausta ja tulkintaa tekevien henkilöiden kokemus on tärkeää oikeiden tulosten saavuttamiseksi. Lyhyessä projektissa tarvittavaa laitteiden testausta kivilouhimon olosuhteista ei pystytty tekemään, eikä ollut mahdollista saada paikallisiin olosuhteisiin tarvittavaa kokemusta tulosten tulkinnasta.

Mittausaikatauluun olisi pitänyt saada laiteteknistä testausta ennen varsinaisten mittausten tekemistä, ja selvitys kunkin mittausmenetelmän käytännön tarkkuudesta. Siihen ei ollut nyt mahdollisuutta.

Virheellisiä tulkintoja voidaan yrittää eliminoida kehittämällä tulkintaa, tekemällä lisämittauksia eri suunnista tai mahdollisesti käyttämällä muita menetelmiä kuin tässä tutkimuksessa. Mielenkiintoista olisi tehdä tulkinta uudelleen nyt kun tiedetään, mitä olisi haluttu saada tulkinnassa näkyviin. Voitaisiin kokeilla, löytyykö tulkintaa tehtäessä sellaiset parametrit, joilla saataisiin mittaushavainnot vastaamaan paremmin louhinnan aikana havaittuja rakoja.

Maatutkatulosten tulkinnessa oli paljon noin 45 asteen kulmassa olevia heijastuksia, joihin louhinnan aikaisista havainnoista ei löytynyt selitystä. Tulkinnessa esiintyvät 45 asteen heijastukset ovat todennäköisesti lähes pystyjen rakojen aiheuttamia. Tulosten tulkinnessa on paljon muuttujia ja erilaisia mahdollisuuksia käsitellä mitattua tietoa. On mahdollista, että käsittelemällä tuloksia jollakin muulla tavalla, pystyttäisiin tulkinta tekemään siten, että se vastaa paremmin todellisuutta. Maatutkalla pystyrakojen havaitseminen on hankalaa pelkästään kallion pinnalta tehdyillä mittauksilla. Tätä puutetta voidaan parantaa tekemällä mittauksia myös louhimon pystysuorista seinistä. Tästä voisi olla apua myös 45 asteen kulmassa saatujen virheellisten tulkintojen karsimisessa.

Eri mittausten ja havaintojen sijaintitiedoissa ja sijaintitiedon tarkkuudessa on eroja. Osa eroista liittyy mittaustulosten tulkinnessa valittuun epäjatkuvuustekijän paikkaan. Näin on ilmeisesti magneettisissa ja sähkömagneettisissa mittauksissa. Mittalaitteen kanssa liikkumisen nopeus suhteessa rekisteröinnin nopeuteen voi aiheuttaa virhettä paikkatiedossa. Maatutkamittauksissa eri suuntiin mitatuilla linjoilla näyttää olevan vaihe-eroa samanaikaisesti tehtyihin rakohavaintoihin, joka voi johtua rekisteröinnin viiveestä havainnon tekoon nähden.

Erot sijaintitiedoissa johtuvat osittain myös paikannuksen tarkkuudesta. Kamin irrotusvaiheessa kami liikkuu pois alkuperäiseltä paikaltaan ja syntyy rakoja. Kamin eri osat liikkuvat eri tavalla, tässä tapauksessa kamin alkupää (0,0 koordinaatti) liikkui enemmän kuin kamin loppupää. Tätä ei louhinnan aikaisia rakohavaintoja tehtäessä huomioitu riittävästi, vaan mittaus tehtiin mittanauhatarvalla. Paikannustekniikkaa on kehitettävä, mikäli halutaan selvittää tarkasti mittaushavaintojen ja louhinnassa avautuneiden rakojen vastaavuus. Vaikka havaitut raot eivät olleet täysin samoissa kohdissa mitattujen rakojen kanssa, voidaan tälläkin tavalla arvioida, mitkä havainnot vastaavat toisiaan, koska rakoja ei ollut kovin paljon.

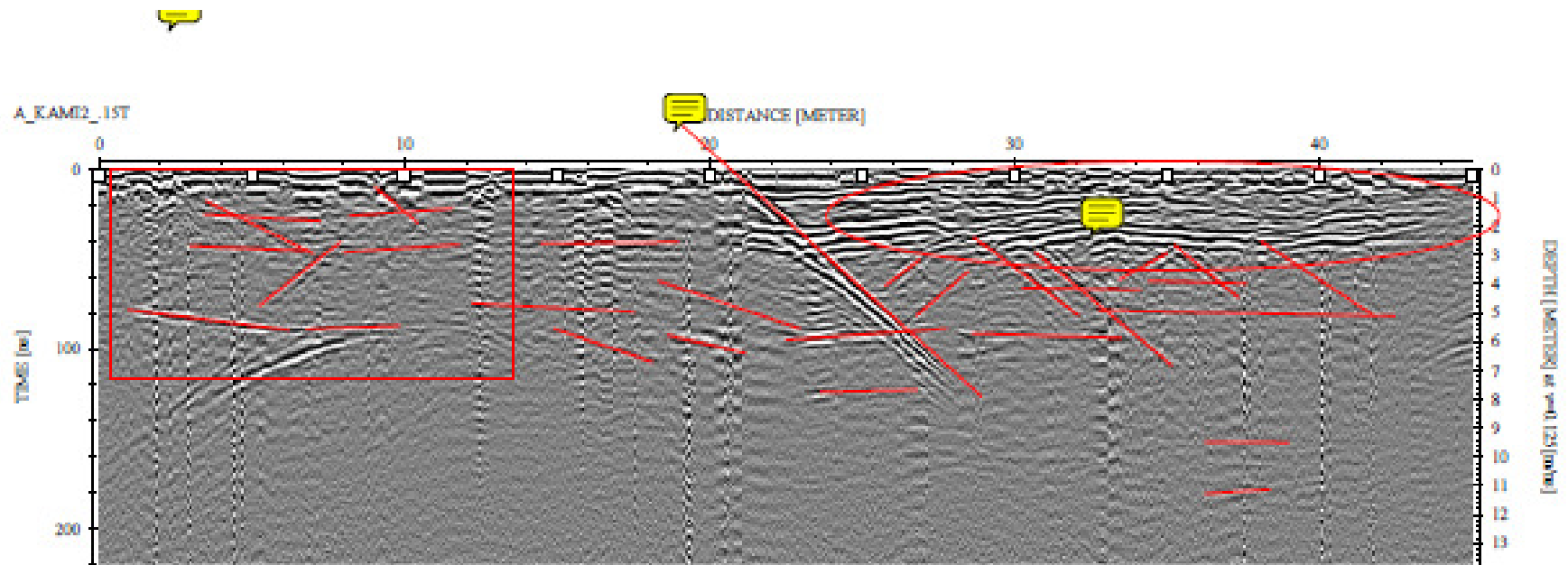
Louhinnan aikana havaituista raoista selittyi mittausten perusteella tehdyn mallin avulla noin puolet. Tämä antaa kuitenkin toiveita siitä, että tulevaisuudessa laitteiden ja menetelmien kehittyessä pystytään suurin osa raoista havaitsemaan. Ongelmana oli enemmän se, että mallissa oli mahdollisia rakoja paljon enemmän kuin todellisuudessa louhinnan aikana havaittiin. Tämän ongelman ratkaiseminen vaatii pitkäjänteistä kehitystyötä, jotta pystyttäisiin löytämään sopivat mittaus- ja tulkintamenetelmien yhdistelmät ja saamaan lähempänä oikeita olevia tuloksia. Tarve kiven laadun selvittämiseen ennen louhintaa on kuitenkin suuri ja tämän vuoksi asian tutkimista kannattaa jatkaa.

Lähteet

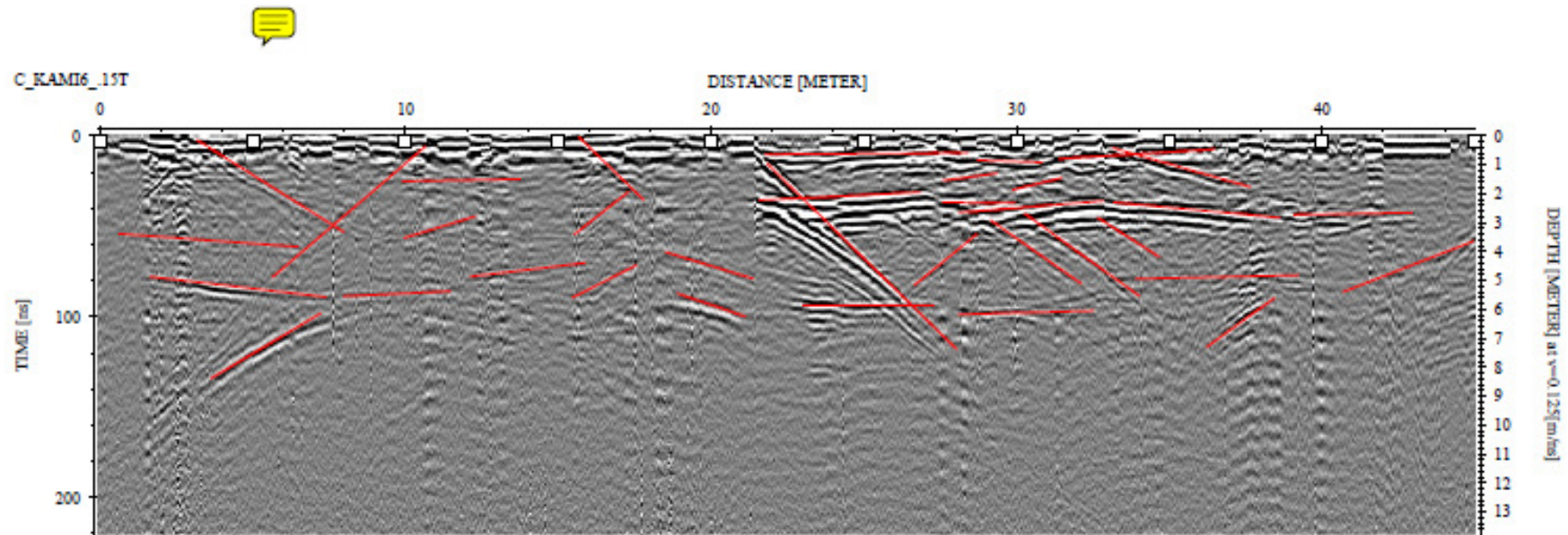
- /1/ Heikkinen, E., Saksa, P., Kurkela, S., Vuento, A. & Ruotsalainen, M. 2012. Kallion rikkonaisuuden geofysikaaliset tutkimukset graniittilouhimolla 2011. Pöyry Finland Oy, raportti 16WWE0913, 71 s.
- / 2/ Saksa, P., Heikkinen, E., Vuento, A. & Kurkela, S., 2012. Geophysical high-resolution characterisation of granitic dimension stone volumes. Konferenssiesitelmä C026, EAGE Kööpenhamina 2012, 4 s.
- /3/ Saksa, P., Kamin louhinnan aikaisten havaintojen vertailua v. 2011 tutkimustuloksiin. Geosto Oy:n raportti, Helsinki 2012

Liitteet

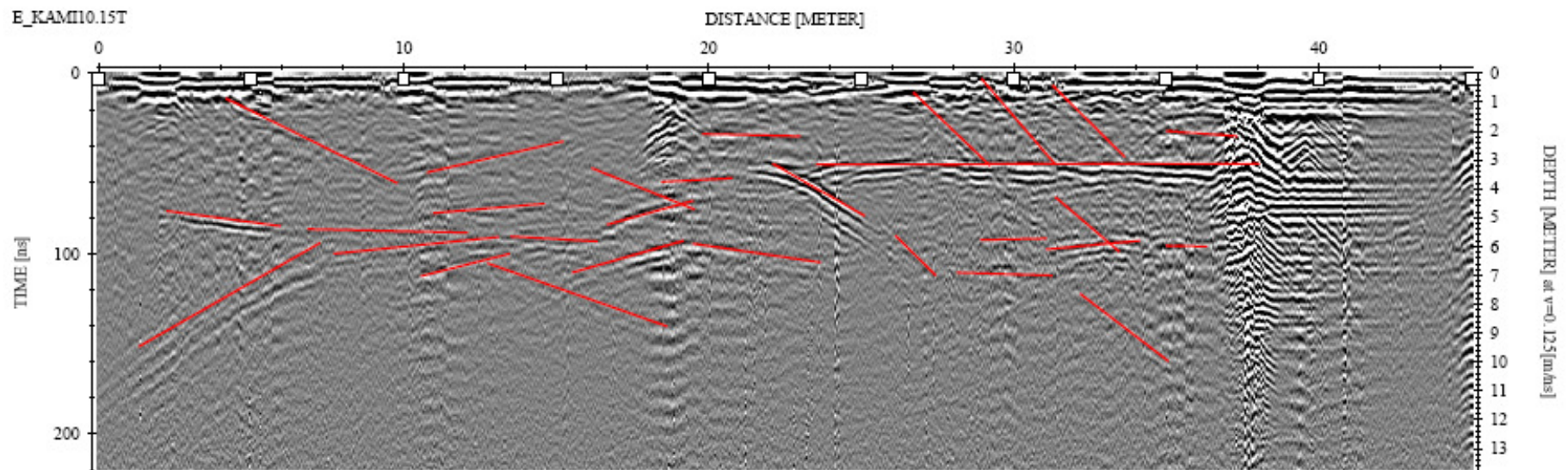
Liite1. Kamin maatutkatulkinta linja Y=0,25 m



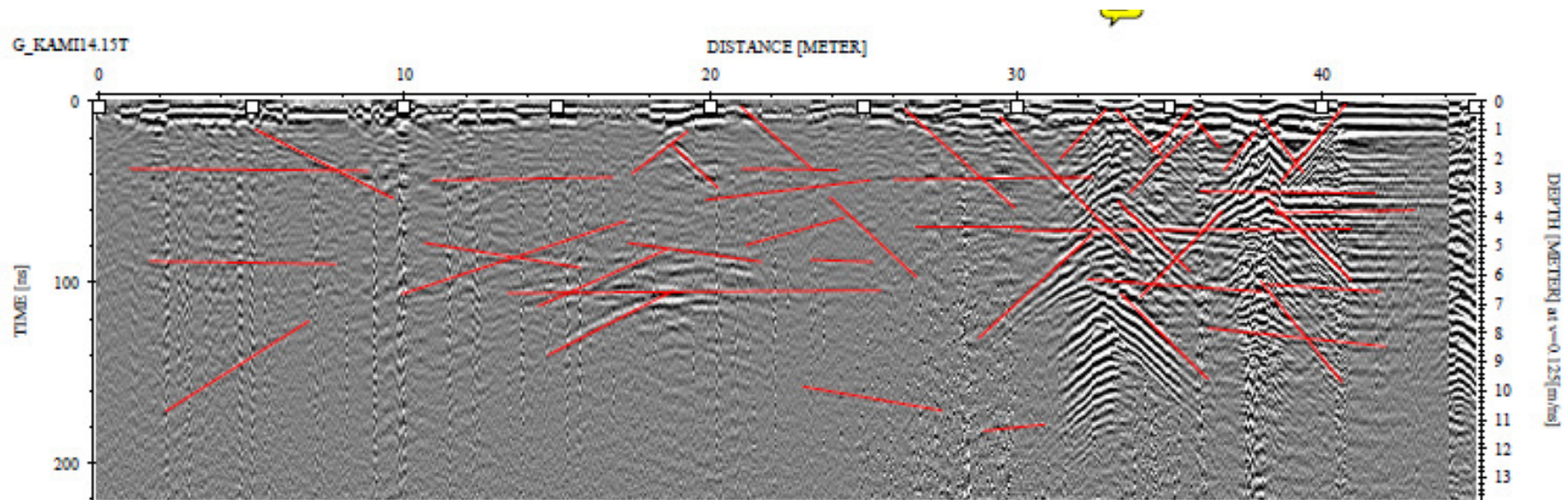
Liite2. Kamin maatutkatulkinta linja Y=1,25 m (tulkinta Eero Heikkinen).



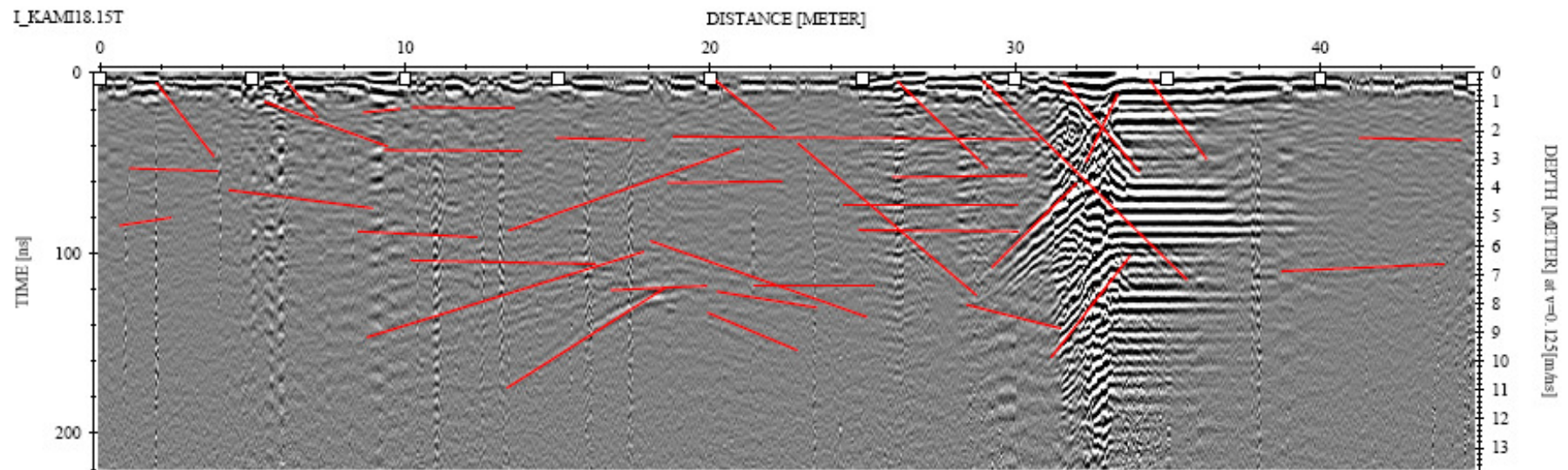
Liite3. Kamin maatutkatulkinta linja Y=2,25 m (tulkinta Eero Heikkinen).



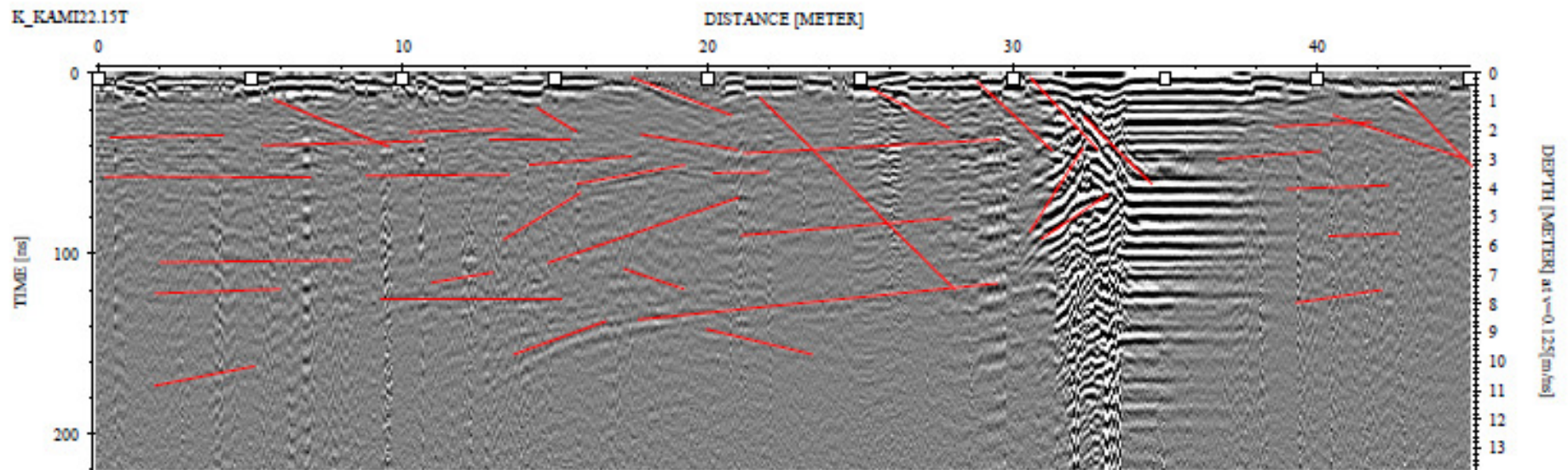
Liite 4. Kamin maatutkatulkinta linja Y=3,25 m (tulkinta Eero Heikkinen).



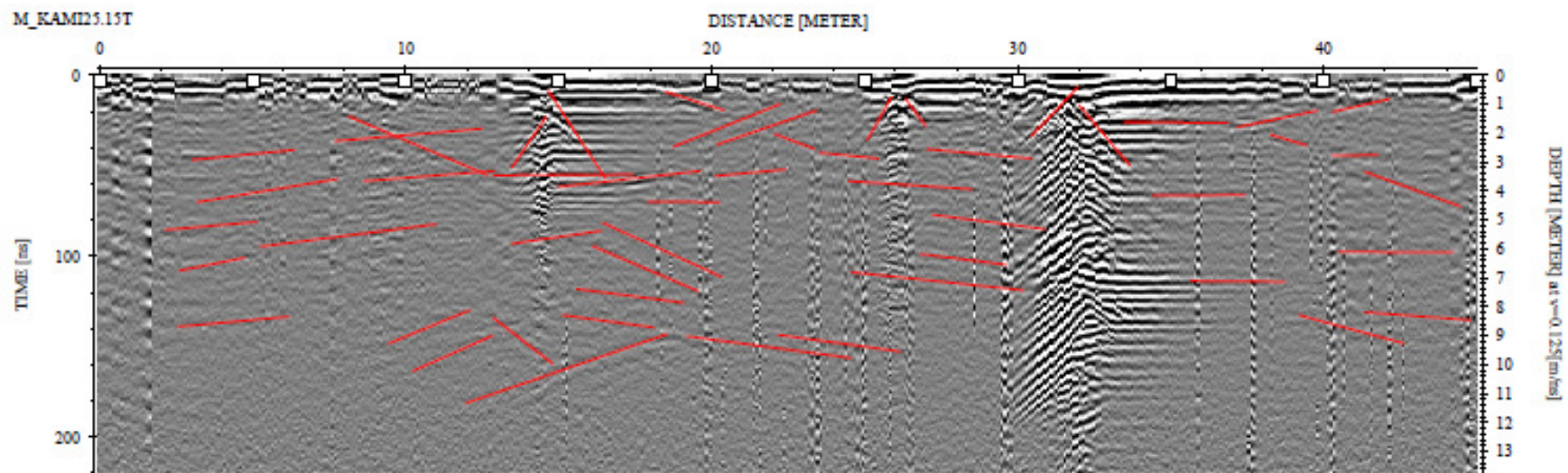
Liite 5. Kamin maatutkatulkinta linja Y=4,25 m (tulkinta Eero Heikkinen).



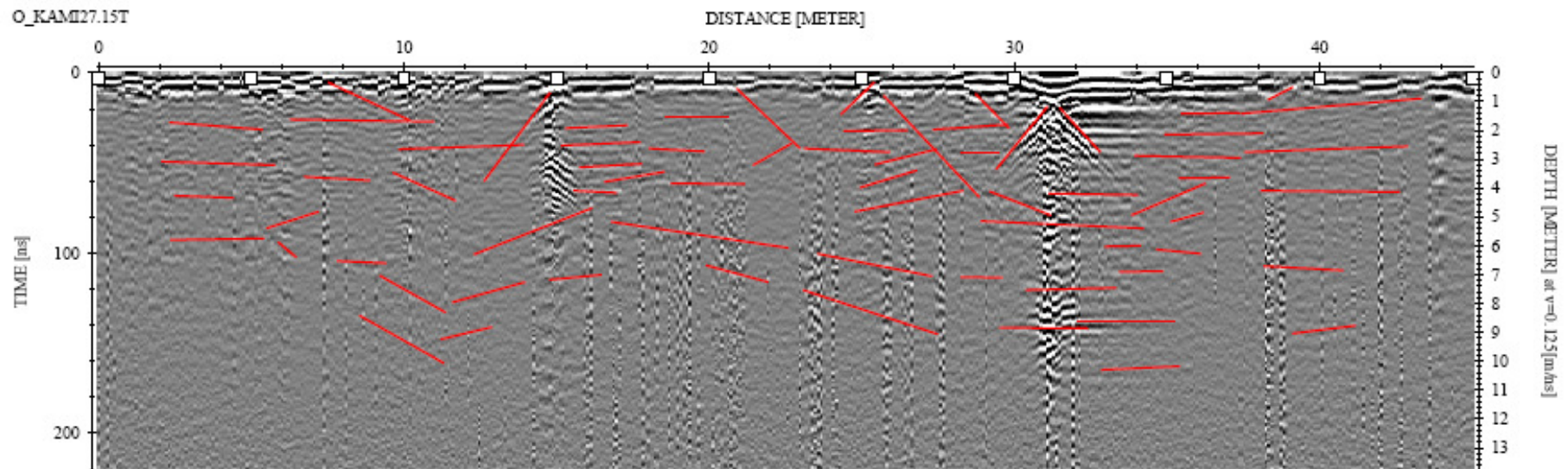
Liite 6. Kamin maatutkatulkinta linja Y=5,25 m (tulkinta Eero Heikkinen).



Liite 7. Kamin maatutkatulkinta linja Y=6 m (tulkinta Eero Heikkinen).



Liite 8. Kamin maatutkatulkinta linja Y=7 m (tulkinta Eero Heikkinen).



Liite 9. Kamin maatutkatulkinta linja Y=8 m (tulkinta Eero Heikkinen).

