



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# KALLIORINTAUSTEN LASERKEILAUS SEKÄ REIKÄSUORUUSMITTAUS

## TYÖOHJE

Ari Pökkä

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2018  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikka  
Infrarakentaminen

PÖKKÄ, ARI:

Kalliorintausten laserkeilaus sekä reikäsuoruuksmittaus  
Työohje

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 36 sivua  
Huhtikuu 2018

---

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli perehdyttää louhintaurakoisija louhintatöiden turvalliseen toteutukseen sekä toimia laserkeilaus- sekä reikäsuoruuksmittalaitteiston työohjeena. Opinnäytetyössä käytettiin Louhintaliike Ylimäki Oy:n mittauskalustoa sekä heidän lisenssioikeuttaan Oy Forcit AB:n tarjoamassa sähköisessä räjäytyssuunnitteluohjelmassa O-Pitblastissa. Lisäksi opinnäytetyössä perehdyttiin Louhintaliike Ylimäen työskentelymenetelmiin sekä arvioitiin niiden suoritusta ja tehokkuutta.

Louhintatyömaiden vaaratilanteet muodostuvat lähtökohtaisesti liian ohuesta etureikien ja kalliorintausten väliin jäävästä kallio-osuudesta tai huonosta peittelystä. Näistä kahdesta vaaratekijästä toinen voidaan eliminoida rintausten skannauksella ja etureikien suoruuksmittauksella. Toimenpide vaatii mittauskaluston ja -ohjelman, jossa mittausaineistoa voidaan harmonisoida ja käsitellä. Tällä hetkellä koko Suomessa on vain muutama yritys, joka tarjoaa kyseistä mittauspalvelua. Louhintaliike Ylimäen investoidessa kyseisiin mittalaitteisiin ja -ohjelmaan pystyy Louhintaliike Ylimäki parantamaan louhintatyömaidensa työturvallisuutta, välttämään hengenvaaralliset kivien sinkoilut sekä tarjoamaan mittauspalvelua osana liiketoimintaansa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi työvaihekohtainen ohjeistus, miten suoritetaan kalliorintausten laserkeilaus sekä porareikien suoruuksmittaus oikeaoppisesti ja miten mittausaineisto viedään ja käsitellään räjäytyssuunnitteluohjelmassa. Lisäksi työssä ohjeistetaan turvallisuus- ja räjäytyssuunnitelman laadinnassa sekä niiden sisällössä.

Opinnäytetyö sisältää luottamuksellista tietoa, joka on poistettu julkisesta työstä.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Civil Engineering

**PÖKKÄ, ARI:**

Laser Scanning of Rock Burdens and Borehole Straightness – Work Instruction

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 36 pages  
April 2018

---

The purpose of this thesis was to research quarrying companies and how to determine their safety working environment and design work instruction for the laser scanning and borehole straightness measuring equipment. This thesis uses the measurement equipment of Louhintaliike Ylimäki Oy and their licensing right for the digital blast design software O-Pitblast provided by Oy Forcit AB. In addition, the thesis focused on the working methods of Louhintaliike Ylimäki and evaluated the efficiency of the methods.

Dangerous situations in a quarrying sites are due to two main causes. One is that rock section between the first boreholes and rock burden is too thin and the other is due to poor coverage of the blasting area. One of these two risk factors can be eliminated by scanning the rock burden and measuring the straightness of the first boreholes. This action requires measuring equipment and a program where the measurement data can be harmonized and processed. At this moment, there are only a few companies in Finland that offer this kind of measuring service. Louhintaliike Ylimäki decision to invest in this measuring equipment and measuring program, will prove the safety of its quarrying sites, avoid life-threatening rock strikes and provide measurement services as part of its business.

The result of this thesis was an instruction that describes systematically how to perform laser scanning and borehole straightness measurement and how to export measuring data to digital blast design software. The work also provides guidance for designing safety and explosion plans and what they should contain.

This thesis contains confidential information that has been removed from public work.

---

Key words: laser scanning, borehole straightness, quarrying, digital blast design software

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LOUHINTATÖIDEN TURVALLINEN TOTEUTUS.....	7
2.1	Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta.....	7
2.2	Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje .....	8
2.3	Turvallisuussuunnitelma .....	9
2.4	Räjäytyssuunnitelma .....	9
2.5	Urakoitsijan velvollisuudet .....	11
2.5.1	Ilmoitus räjäytystyöstä .....	11
2.5.2	Turvallisuussuunnitelma .....	12
2.5.3	Ankara vastuu ja räjäytysvastuuvakuutus .....	12
3	KÄYTÄNNÖN MENETELMÄT .....	14
3.1	Henkilöstö ja kalusto .....	14
3.2	Katselmukset ja tärinämittaukset .....	14
3.3	Poraus.....	16
3.4	Panostus .....	17
3.5	Peittely .....	18
3.6	Räjäytys .....	19
3.7	Seuranta .....	20
4	LAITE- JA OHJELMAVALMISTAJAT .....	22
4.1	Geolaser Oy .....	22
4.2	Oy Forcit AB .....	22
5	MITTAUSKALUSTON ESITTELY .....	24
5.1	SatLab SLC GNSS RTK -vastaanotin .....	24
5.2	Quarryman Pro lasermittauspaketti.....	25
5.3	Boretrak® porareian kaltevuusmittari .....	26
6	POHDINTA.....	27
6.1	Pohdintaa työstä.....	27
6.2	Pohdintaa Louhintaliikkeen työmenetelmistä.....	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET .....	30
	Liite 1. Mittaustyön suorittaminen .....	30
	Liite 2. Porareikien suoruusmittaus.....	31
	Liite 3. Porareikien kartoitus.....	39
	Liite 4. Laserkeilaus .....	46
	Liite 5. Mittausdatan vienti O-Pitblastiin.....	66

## ERITYISSANASTO

Boretrak®	porareikien kaltevuusmittauksiin käytettävä luotain
Firex VA	Oy Forcit AB:n tuote luokan 3 sähköallista
Fordyn	Oy Forcit AB:n tuote patruroidusta dynamiitista
Geolaser Oy	suomalainen maan- ja rakennusmittalaitteiden myyntiin ja maahantuontiin erikoistunut yritys
Kemiitti 610	erillisellä säiliöautolla kohteelle tuotava pumpattava emulsioräjähdysaine
Kemix A	Oy Forcit AB:n tuote patruroidusta emulsioräjähdysaineesta
Kynsi	liian korkeaksi jäänyt kallion kohta, haluttua ottotaso ei ole saavutettu
Nonel	on sähkötön impulssiletkujärjestelmä, jossa sähköjohtimet on korvattu muoviletkulla
O-Pitblast	Oy Forcit AB:n tarjoama sähköinen räjäytyssuunnitteluohjelma
Oy Forcit AB	kemianteollisuuden yritys, joka on erikoistunut korkealuokkaisten siviili- ja sotilasräjähteiden valmistamiseen sekä louhinta-alan konsultointiin ja koulutukseen.
Renishaw	englantilainen laserkeilauslaitteistoja valmistava yritys
Rikkokivi	lohkare, joka täytyy rikkoa hydraulivasaralla murskattavaan muotoon
SatLab SLC	tarvittavien pisteiden kartoitukseen käytettävä satelliittipaikannuslaitteisto.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on toimia laserkeilaus- sekä reikäsuoruuksimittalaitteiston käyttöohjeena Louhintaliike Ylimäki Oy:n työntekijöille. Tämän opinnäytetyön tavoite on olla yksiselitteinen ja helposti ymmärrettävä ohje edellä mainittuun laitekokonaisuuteen, siten että tämän ohjeen luettuaan, lukija pystyy työskentelemään laserkeilaus- sekä reikäsuoruuksimittalaitteiston parissa ja osaa käyttää laitekokonaisuutta oikeaoppisesti.

Opinnäytetyön alussa kerrotaan, miten Suomen lainsäädäntö erilaisine asetuksineen ohjaa louhinta- ja räjäytystöiden turvalliseen toteutukseen. Tarkemmin perehdytään turvallisuus- ja räjäytyssuunnitelmien laadintaan sekä niiden sisältöön. Samalla kerrotaan mitä urakoitsijalta edellytetään ja mitkä ovat louhintaurakoitsijan velvollisuudet.

Käytännön menetelmiin siirrytään seuraavaksi, kun lain määräämät pykälät ja asetukset on saatu selvitettyä. Tarkasteltavat käytännön menetelmät ovat Louhintaliike Ylimäki Oy:lle vakiintuneita työskentelymenetelmiä. Menetelmissä kiinnitetään huomiota, miten louhinta- ja räjäytystyöt toteutetaan turvallisesti, hyvää rakennustapaa noudattaen sekä ympäristö huomioon ottaen. Työskentelymenetelmiin, joissa ilmenee puutteita tai tehotomuutta, pyritään löytämään ratkaisuvaihtoehtoja opinnäytetyön pohdinta osuudessa.

Teoria osuuden jälkeen opinnäytetyö keskittyy laserkeilaus- sekä reikäsuoruuksimittalaitteiston esittelyyn sekä laitteistoon perehdyttämiseen. Työssä lähdetään liikkeelle esittelemällä laitevalmistajat, esittelemällä heidän tarjoamat palvelut sekä yhteystiedot asiantuntija-avun tarpeessa. Tämän jälkeen opinnäytetyö käy läpi loogisessa järjestyksessä havainnollistavia valokuvia apuna käyttäen, miten laitekokonaisuudella mittaustyöt suoritetaan oikeaoppisesti laitteiston käyttökuntoon laittamisesta aina mittalaitteiston huolto ja kunnossapitoon.

Opinnäytetyö päättyy yhteenvetoon ja ajatuksiin siitä, saadaanko laserkeilaus- sekä reikäsuoruuksimittalaitteistolla haluttuja parannuksia louhinta- ja räjäytystöiden turvallisuuteen ja miten laitteisto soveltuu Louhintaliike Ylimäki Oy:n käyttöön. Lisäksi tarkastellaan vaikutuksia massairrotuskenttien laatuun sekä porauksen että murskauksen näkökulmasta.

## **2 LOUHINTATÖIDEN TURVALLINEN TOTEUTUS**

### **2.1 Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta**

Räjäytys- ja louhintatöiden keskeisin työturvallisuutta ja vastuullisesta toteuttamisesta vastaava asetus on Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta (2011/644). Asetuksessa säädetään turvallisuusmääräyksiä kaikkiin louhinta- ja räjäytystöiden työvaiheisiin ja asetusta sovelletaan kaikkiin eri louhintamuotoihin. Tärkeimmät turvallisuusmääräykset avolouhinnan sekä Louhintaliike Ylimäen kannalta ovat seuraavat asetuksen määräämät pykälät:

#### **Määritelmät**

- 1) Räjäytystyö = käyttöpaikalla tehtäviä töitä, joissa käsitellään, käytetään ja säilytetään räjähteitä.
- 2) Louhintatyö = kallion tai mineraalien irrotusta ja siihen liittyviä töitä.
- 3) Vaarallinen alue = tarkoitetaan räjäytyskohteen ympäristöä, jossa henkilö voi vahingoittua sinkoutumisen, painevaikutuksen, tärinän, kaasujen tai muun räjäyttämisestä johtuvan syyn vuoksi.
- 4) Asuttu alue = alue, joka ulottuu 200 metrin etäisyydelle asutusta rakennuksesta tai paikasta, jossa ihmisiä tavallisesti oleskelee. (Valtioneuvoston asetus 2011/664.)

#### **Räjäytys- ja louhintatyön suunnittelu**

Työnantajan on räjäytys- ja louhintatyötä varten tehtävä työturvallisuuslain (738/2002) 10 §:n 1 momentissa tarkoitetun työn ja työympäristön vaarojen selvittämisen ja arvioinnin perusteella työpaikka- ja työvaihekohtaisesti tarkentuva kirjallinen turvallisuussuunnitelma (Valtioneuvoston asetus 2011/664).

#### **Räjäytystyön tekijä ja johtaja**

Räjähteitä saa käsitellä ja käyttää tehosteräjäyttäjän, nuoremman panostajan, vanhemman panostajan, ylipanostajan tai räjäytystyön vastuuhenkilön pätevyyskirjan saanut henkilö ja hänen välittömässä valvonnassaan muu henkilö, jolla on kyseiseen räjäytystyöhön riittävä ammatillinen osaaminen (Valtioneuvoston asetus 2011/664).

Räjätystystyötä johtaa ja valvoo työpaikalla räjäytystyön johtaja. Räjätystystyötä ei saa aloittaa ennen kuin räjäytystyön johtaja on nimetty. Räjätystystyön johtajan nimi on ilmoitettava työmaan työntekijöille ja pidettävä työmaalla nähtävillä. (Valtioneuvoston asetus 2011/664.)

Räjätystystyön johtaja hyväksyy räjäytys suunnitelman ja siihen tehtävät muutokset sekä huolehtii suunnitelman toteuttamisesta. (Valtioneuvoston asetus 2011/664.)

### **Räjähteet työpaikalla**

Räjähteitä ei saa käyttää tai sijoittaa siten, että siitä aiheutuu hallitsematon syttymisvaara. Sähköistä sytytystä ei saa käyttää ukonilman, suurjännitelinjan, sähköistetyn radan, muuntoaseman tai muun vaaraa aiheuttavan sähkömagneettisen kentän vaikutuspiirissä. Räjätystystyötä voidaan tehdä näkyvyyden ollessa rajoittunut vain, jos turvallisuus varmistetaan muulla tavoin. (Valtioneuvoston asetus 2011/664.)

## **2.2 Räjätystystyö- ja louhintatyön turvallisuusohje**

Räjätystystyö- ja louhintatyön turvallisuusohjeen on laatinut ohjausryhmä, johon on kuulunut henkilöitä räjäytystyö- ja louhinta-alan eri yrityksistä ja liitoista. Ohjausryhmä on turvallisuusohjetta laatiessaan kuullut alan johtavia asiantuntijoita ja erityisosajia. Kyseisten henkilöiden kuulemisen ja viime aikaisten onnettomuuksien johdosta tehtyjen havaintojen perusteella ohjausryhmä on laatinut tämän kyseisen ohjeen, jonka tarkoituksena on antaa lainsäädäntöön ja hyviin työtapoihin perustuvat ohjeet turvallisesta toimimisesta räjäytystyö- ja louhintatyössä. Ohjeessa käsitellään louhintatöiden lisäksi jonkin verran myös räjähteiden käyttöä muuhun kuin kallion louhintaan. Kaikki Infra ry:n sekä Rakennusliitto ry:n jäsenet ovat sitoutuneet noudattamaan kyseistä ohjetta. (Räjätystystyö- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 3.)

Räjätystystyö- ja louhintatyön turvallisuusohje antaa kattavan opastuksen ja ohjeistuksen siihen, miten räjäytystyö- ja louhintatyömailla tulee edistää turvallisuutta ja alan hyviä käytäntöjä. Ohjeessa on kerrottu kaikki tarvittava tieto tarvittavista lupa-asioista ja velvollisuuksista aina räjähteiden hävittämiseen asti. Lisäksi ohjeen liitteenä on Infra ry:n laatima mallipohja louhintatöiden turvallisuussuunnitelmasta sekä räjäytystyösuunnitelmasta. Turvallisuusohjetta noudattamalla louhintaurakoitsijan on mahdollista selviytyä työstä lain määräämällä tavalla, itseään tai muita vaarantamatta ja ympäristöä kuormittamatta.



### 2.3 Turvallisuussuunnitelma

Louhintatyön turvallisuussuunnitelma voi olla yksi, riittävän laajasisältöinen asiakirja, jonka liitteenä toimitetaan työmaan aluesuunnitelma sekä poistumis- ja pelastautumissuunnitelma. Vaihtoehtoisesti louhinnan turvallisuussuunnitelma voi koostua useista yksityiskohtaisista alasuunnitelmista, jotka on koottu yhteen. Alasuunnitelmia ovat esimerkiksi louhintatyön yleissuunnitelma, työmaan aluesuunnitelma, poistumis- ja pelastautumissuunnitelma, sähköistys- ja valaistussuunnitelma sekä tunnelilouhinnassa käytettävät ilmanvaihto- ja lujitussuunnitelmat. (Niskanen, Posio & Hietavirta 2011, 40-41.)

Turvallisuussuunnitelman laajuuden tarve selvitetään aina hankekohtaisesti. Tarkoituksena on kaikissa tapauksissa luoda mahdollisimman selkeä, ja helposti ymmärrettävä kokonaisuus. Kaikkiin suunnitelmiin sovelletaan jatkuvan suunnittelun periaatteita. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitelmia päivitetään tarpeen mukaan työvaiheiden edetessä vastaamaan todellista tilannetta. (Niskanen ym. 2011, 40-41.)

Turvallisuussuunnitelmasta tulee tarpeellisessa laajuudessa ilmetä turvallisuuden varmistamiseksi tehtävät toimenpiteet ja ohjeet seuraavista asioista:

- 1) Työkohde, kohteen maa- ja kallioperä ja muut geotekniset ominaisuudet.
- 2) Työpaikan ja työvaiheiden sähköistys, valaistus, yhteydenpito, louhintamenetelmä ja tila- ja muut tekniset ratkaisut.
- 3) Kulkuväylät, poistumisreitit ja suojapaikat.
- 4) Työvälineiden valinta, käyttö ja kunnossapito.
- 5) Turvalliset työtavat.
- 6) Käytettävät räjähteet ja terveydelle vaaralliset aineet sekä niiden säilytys.
- 7) Häätötilanteista pelastautuminen ja pelastautumislaitteen tarve.
- 8) Muut räjäytys- ja louhintatyön terveyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. (Valtioneuvoston asetus 2011/664.)

### 2.4 Räjätysuunnitelma

Räjätysuunnitelman tekemisestä vastaa räjäytystyön johtaja. Panostaja voi tehdä räjäytysuunnitelmat, mutta räjäytystyönjohtaja on suunnitelmista aina vastuussa. Suunni-

telma tehdään aina jokaisesta räjäytettävästä kentästä tai kohteesta, ja mikäli suunnitelmiin tulee muutoksia esimerkiksi muuttuneen kallion laadun takia, tulee uusi suunnitelma aina hyväksyttävä räjäytystyönjohtajalla ennen räjäytystä. Tavoitteena suunnitelman tekemiselle on ennakoida mahdolliset vaaratekijät ja ennaltaehkäistä ne. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 12-14.)

Räjäytystyö asutulla alueella asettaa aina erityisvaatimuksia turvallisuusnäkökantojen suhteen. Asutulla alueella ei saa käyttää räjäytyksiin muuta, kuin patruonoitua räjähdysainetta, mikä ehkäisee mahdollisen ylipanostamisen vaaraa. Asutulla alueella tapahtuva räjäytystyö vaatii myös poikkeuksetta, että ammuttava kenttä peitetään asianmukaisilla ja ehjillä painopeitteillä. Räjäytysuunnitelman tekijä ottaa kantaa mahdollisimman laajalti eri tekijöihin, jotka osaltaan edistävät turvallisen räjäytystyön suorittamista. Räjäytysuunnitelma perustuu aina louhintatyömaan yleissuunnitelmaan. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 12-14.)

Räjäytysuunnitelmasta tulee saada selville seuraavat asiat:

- pengerkorkeus, räjäytettävän kentän koko ja sijainti työmaalla
- porausreiän halkaisija ja ominaispanostusmäärä
- suurin räjähdysainemäärä
- käytettävät sytytysvälineet ja räjähdysaineet
- reikäpanos
- räjäytysnallin kytkentätapa
- vaarallisen alueen sijainti ja varmistustoimenpiteet vahinkojen välttämiseksi
- täkkäys eli peitleminen
- aiempien räjäytysten tärinämittausten tulokset
- tiedot räjäytysajankohdasta, suunnitelman laatijasta ja hyväksyjästä (räjäytystyön johtaja). (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 12-14.)

Mikäli työn aikana havaitaan, että kohdetta on yritetty räjäyttää huonolla tai väärin tehdyllä suunnitelmalla, tulee suunnitelma välittömästi päivittää ja hyväksyttävä räjäytystyön johtajalla. Muutoksia voi tulla esimerkiksi käytettävään räjähdysaineseen tai räjähdysainemäärään. Räjähdysainemäärän muutos voi olla taas seurausta kallion tai maaperän odottamattomasta muutoksesta laadun, lujuuden tai heikkouden suhteen. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 12-14.)

Päätoteuttajan tulee huolehtia, että räjäytystyösuunnitelma tulee tehdyksi jokaisesta kentästä tai kohteesta ja että suunnitelmat arkistoidaan työmaalle tai päätoteuttajan tietokantaan. Kirjallisesti laadittu ja asianmukaisesti arkistoitu dokumentti kertoo, miten räjäytys on louhintatyömaalla suoritettu. Nämä dokumentit voivat vahingon sattuessa osoittaa erittäin tärkeiksi etsittäessä syytä onnettomuuden tapahtumiselle. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 12-14.)

## **2.5 Urakoitsijan velvollisuudet**

Louhintaurakoitsijan on täytettävä ja oltava tietoinen tietyistä velvoitteista, ennen töiden aloittamista. Urakoitsijan velvoitteisiin kuuluu muuan muassa:

- ilmoitus räjäytystyön suorittamisesta
- turvallisuussuunnitelman laatiminen
- ankara vastuu ja räjäytysvastuuvakuutus.

### **2.5.1 Ilmoitus räjäytystyöstä**

Kaikista räjäytystöistä on ilmoitettava kirjallisesti tai sähköisesti räjäytystyön suorituspaikkakunnan poliisille 7 vuorokautta ennen työn aloittamista. Asutun alueen ulkopuolella vähäisissä räjäytystöissä riittää ilmoitus yhtä vuorokautta ennen työn aloittamista. Valmis ilmoituspohja on saatavilla poliisin nettisivuilta, joka löytyy kohdasta luvat. Ilmoitus on tulostettava ja täytettävä jokaisesta räjäytystyömaasta. Ilmoituksesta tulee käydä ilmi:

- räjäytystyömaan sijainti
- työmaan arvioitu kesto aika
- käytettävien räjähteiden lajit
- räjäytystyön johtajan tiedot
- räjähteiden säilytys- ja varastopaikat. (Poliisi 2018.)

Poliisi voi ilmoituksen perusteella määrätä rajoituksia aiotulle käytölle ja tarvittaessa määrätä käytön edellyttämistä varotoimenpiteistä. Poliisi myös voi kieltää käytön, jos voidaan katsoa aiheutuvan ilmeistä henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa. Lisäksi poliisi edellyttää turvallisuussuunnitelman toimittamista ennen räjäytystyön aloittamista. (Poliisi 2018.)

### **2.5.2 Turvallisuussuunnitelma**

Työnantajan on räjäytys- ja louhintatyötä varten tehtävä työturvallisuuslain tarkoittaman työn ja työympäristön vaarojen selvittäminen ja arviointi sekä sen perusteella työpaikka- ja työvaihekohtaisesti tarkentuva kirjallinen turvallisuussuunnitelma. Turvallisuussuunnitelma on tehtävä kaikista työmaista, joissa suoritetaan louhinta- ja räjäytystöitä. Kyseisen suunnitelman laatii pääsääntöisesti työmaan päätoteuttaja, mutta suunnitelman voi tehdä myös louhintaurakoitsija toimiessaan päätoteuttajana tai aliurakoitsijana. Turvallisuussuunnitelma tulee laatia ennen töiden aloittamista ja se tulee olla työntekijöiden nähtävillä ja saatavilla. Työnantajan on varmistuttava, että työntekijät osaavat noudattaa suunnitelman ohjeita. Lisäksi turvallisuussuunnitelman toteuttamista tulee seurata ja arvioida jatkuvasti sekä pidettävä ajan tasalla. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 11-12.)

### **2.5.3 Ankaruusvastuu ja räjäytysvastuuvakuutus**

Räjäytystyöt ovat aina korkean riskin ja ankaruuden vastuun alaista työtä. Ankaruudella tarkoitetaan vastuuta, jossa vahingonaiheuttajalta ei edellytetä huolimattomuutta tai tahallisuutta vahingon aiheuttamisessa. Toisin sanoen ankaruuden vastuun perusteella vahingonaiheuttajalle syntyy vastuu, vaikka hänen toimintansa on moitteetonta. Vastuu kohdistuu tapauksesta riippuen työn teettäjään tai tekijään. Jos räjäytystyö katsotaan kuuluvaksi teettäjän ammattitoimintaan, on ankaruusvastuu langetettu tälle. Vastaavasti jos räjäytystyötä ei katsota kuuluvaksi teettäjän ammattitoimintaan, on ankaruusvastuu langetettu työn ammattitaitoiselle itsenäiselle yrittäjälle. (Minilex 2018.)

Räjäytystöiden turvallisuuden suunnittelussa täytyy olla erittäin valveutunut ja louhintaurakoitsijan tulee huolehtia, että työtä suorittavat vain pätevöityneet henkilöt riittävällä kokemuksella (Infra ry 2014, 12).

Louhintatyötä tekevän urakoitsijan on otettava erikseen louhinta- ja räjäytystöitä varten vastuuvakuutus, mikäli tämä haluaa vakuuttaa tällaisen toimintansa. Mikään laki ei edellytä vakuutuksen ottamista eli vakuus on täysin vapaaehtoista, mutta erittäin suositeltu otettavaksi. (Infra ry 2014, 13)

Räjätys- ja louhintatöiden vastuuvakuutus voidaan ottaa joko vuosivakuutuksena tai kohdevakuutuksena. Räjätys- ja louhintatöiden vastuuvakuutuksesta korvataan äkilliset ja ennalta arvaamattomat vahingot, josta vakuutettu on vahingonkorvauslain mukaan korvausvastuussa. Vahingot korvataan vakuutusehtojen puitteissa vakuutusmäärään saakka. Korvaukset ovat päivänarvokohtaisia korvauksia. (Infra ry 2014, 13.)

Vakuutukseen liittyy yleensä myös tiettyjä rajoituksia. Räjätys- ja louhintatöiden vastuuvakuutuksen tärkeimpiä korvausrajoituksia ovat:

- omalle omaisuudelle aiheutettu vahinko
- melu, pöly ja paineaalto, jotka liittyvät normaaliin työsuoritukseen
- käytettävänä tai huolehdittavana oleva omaisuus
- sakkotuomiot. (Infra ry 2014, 13.)

### **3 KÄYTÄNNÖN MENETELMÄT**

#### **3.1 Henkilöstö ja kalusto**

Louhintaliike Ylimäki Oy on louhinta-alan yritys, joka on erikoistunut suurten massa-louhintakohteiden suunnitteluun ja toteuttamiseen. Pääasiallisena toimialueen toimii Länsi-Suomi, mutta suurten louhintakohteiden perässä kuljetaan lähes koko Suomen mitalta.

Louhintaliike Ylimäki Oy työllistää tällä hetkellä noin 20 työntekijää. Tämä joukko muodostuu yrityksen johdosta, rakennustekniikaninsinööreistä, toimistohenkilökunnasta, porareista, kaivinkoneenkuljettajista, huoltomiehestä ja panostajista.

Louhintaliike Ylimäki Oy:n konekalusto on louhintaliikkeelle tyypillinen. Koneyksikköjä on yrityksessä 18 ja se muodostuu seitsemästä poravaunusta, kymmenestä kaivinkoneesta ja yhdestä maansiirtoautosta. Kaikki poravaunut on varustettu pölynsidontalaitteilla ehkäisemään pölyämistä. Yksi kaivinkoneista on varustettu ExcaDrill 38 -porauskalustolla, joka soveltuu erityisesti suurten irtolohkareiden poraamiseen. Lisäksi kalustoon kuuluu 12 kappaletta Atlas Copcon hydraulista iskuvasaraa, Volvo FM 7 huoltoauto, traktori sekä lukuisia kynsi- ja luiskakauhoja. Räjähdeiden kuljetus ja työmaasäilytys hoidetaan kolmella ADR/VAK -peräkärryllä.

#### **3.2 Katselmukset ja värinämittaukset**

Ennen räjäytystöiden aloittamista, sijaitsi työmaa asutulla alueella tai sen ulkopuolella, katselmoidaan kaikki lähialueen rakennukset ja laitteet, jotka saattavat vaurioitua louhintatöistä. Dokumentointiin käytetään järjestelmäkameraa sekä kuvassa 1 olevaa ABEM UVS600 1-komponentti värinämittaria. Rakennuksista kuvataan perusmuuri, seinälinjat ja vaurio herkät kohdat. Lisäksi tulee kartoittaa rakennuksessa jo valmiiksi olevat vauriot, ettei niitä sekoiteta mahdollisiin louhintatöiden aiheuttamiin vahinkoihin.



KUVA 1. Tärinämittari.

Tärinämittarin asennuksessa tavoitteena on kiinnittää mittari rakennuksen kivijalkaan ja mahdollisimman lähelle louhintatärinöiden syntypaikkaa. Tällöin mittariin saadaan tieto suurimmasta heilahdusnopeudesta, jonka arvoa voidaan verrata rakenteelle suurimpaan sallittuun heilahdusarvoon. Tärinämittari kiinnitettiin poraamalla reikä kivijalkaan tai seinään, asettamalla M10- messinkilyöntitulppa porattuun reikään ja kiristämällä anturin läpi menevä kiinnityspultti lyöntitulppaan. Mittarin asennuksessa tulee kiinnittää huomiota siihen, että mittari tulee asennetuksi kohtisuoraan maanpintaa vasten, koska 1-komponenttimittari mittaa vain pystysuunnassa tapahtuvaa heilahdusta. Lisäksi on huolehdittava, että mittari tulee kiristetyksi riittävästi lujasti, ettei se pääse pyörähtämään tai irtoamaan lyöntitulpasta.

Tutkimustulosten mukaan, joissakin tilanteissa vaakakomponentin mitaamat heilahdusnopeudet voivat olla huomattavasti pystykomponentteja suurempia (Vuolio, 2010, 305.). Tämän vuoksi Louhintaliike Ylimäki käyttää vaativimmissa kohteissa konsulttitoimisto Taratest Oy:tä tekemään tärinämittaukset, koska heiltä löytyy asianmukainen kalusto sekä vaadittava AA-luokan pätevyys. Lisäksi mahdollisissa korvausvaatimustilanteissa tärinämittaustuloksien luotettavuudessa ei ole mitään epäselvyyttä, kun mittaukset on suorittanut kolmas osapuoli.

Murskairrotus kohteiden katselmuksiin kuuluu lähinnä alueella olevien varottavien kohteiden kartoitus sekä korkomerkitöjen merkkäminen. Murskairrotuksessa yleisempiä varottavia kohteita ovat sähkölinjat, tiet sekä murskauskalusto. Näiden kohteiden suojaamiseen kivien sinkoiluilta onnistuu oikealla porauksen suuntauksella sekä riittäväällä kalliokannella. Porarin tarvitsemat korkomerkit merkataan kuvan 2 GPS Trimble R8-2 –satelliittipaikantimen avulla. Korkomerkkejä tulee olla riittävä määrä kalliolla, koska muuttuvat sääolosuhteet ja pöly hävittävät maalimerkintöjä tehokkaasti kallionpinnasta.



KUVA 2. GPS Trimble R8-2 –satelliittipaikannin.

### 3.3 Poraus

Porareikien poraus tapahtuu pääsääntöisesti Sandvik Ranger DX sarjan keskiraskailla poravaunuilla. Kyseisen sarjan vaunuja Louhintaliike Ylimäki Oy:llä on 5 kappaletta, joista kaksi on varustettu GPS-laitteisto, mikä mahdollistaa reikien identtisen kallistuskulman, porareikien todellisen syvyyden todentamisen ja sähköisen poraussuunnitelman vastaanottamisen. Kyseinen toiminto ei ole kuitenkaan kokonaisuudessa poravaunuissa käytössä. Tällä hetkellä hyödynnetään ainoastaan porareikien kallistustoimintoa. GPS-signaalin vastaanottimet ovat kuvassa 3.





KUVA 3. Poravaunun GPS-signaalin vastaanottimet.

Porauksessa käytetään Robit RockToolsin sekä Sandvikin porakruunuja sekä -tankoja. Porakruunun koko vaihtelee murskakenttien 83 tai 89 millimetrisestä asutun alueen 64 tai 76 millimetriseen. Poratangot ovat kahden tuuman paksuisia ja 3,75 metriä pitkiä. Po-raustarvikkeiden kunnosta ja tarpeellisuudesta, kuten esimerkiksi kruunujen teroituksesta, vastaavat porarit itse.

Poraruudun koko vaihtelee murskakentillä 7 – 10 m<sup>2</sup> välillä, riippuen halutusta lohkar-koosta, kiven lujuudesta ja kallion rikkonaisuudesta. Käytettäessä patruunoitua räjähdys-ainetta, pienennetään poraruutu 2 – 5 m<sup>2</sup>, koska ominaispanostus sekä räjähdysaineen suhteellinen voima ovat pienempiä patruunoita käyttäessä. Kaikki porareiät pyritään kal-listamaan siten, että etureikien kallistus on 10 – 15° ja kenttäreikien kallistus 6 – 10°. Niin sanottujen loikka reikien porausta pyritään välttämään, koska se aiheuttaa yleensä rikko-kiviä ja kynsiä. Porattu kenttä tulee jättää sellaiseen muotoon, että räjäytyksen jälkeen po-rausta voidaan jatkaa esteettömästi. Louhoksien loppumaisemoinnissa on huolehdittava, että kalliorintauksen luiskaus tehdään, joko louhimalla tai täyttömailla lupamääräysten mukaisesti. Tavanomaisin luiskaus suhde on 1:3.

### 3.4 Panostus

Jokaiselle louhintatyömaalle nimetään räjäytystyönjohtaja, joka hyväksyy ylipanostajan tai panostajan tekemän räjäytyssuunnitelman. Panostustyön suorittaa panostajanapulai-nen panostajan tai ylipanostaja kanssa. Panostustyössä optimoidaan ominaispanostus, ettei synny yli- tai alipanostusta. Ylipanostus johtaa hallitsemattomaan räjäytykseen ja

kivien sinkoiluun, kun vastaavasti alipanostus johtaa kivien epätäydelliseen irtoamiseen ja louhintatärinöiden kasvamiseen.

Panostustöissä Louhintaliike Ylimäki Oy käyttää Suomen johtavaa räjähdysalan asiantuntijaa Oy Forcit AB:n räjähdysaineita ja -tarvikkeita. Murskakenttien irrotuksessa Louhintaliike käyttää pohjapanoksena dynamiitti Fordyn:ä ja varsipanoksena kemiitti 610, joka toimitetaan paikalle säiliöautolla. Etutäytteenä käytetään lähtökohtaisesti sepeliä, mutta tilanteesta riippuen voidaan käyttää porauksessa syntyvää kiviölyä.

Murskakenttien kytkemisessä käytetään Nonel -impulssiletkunalleja, jotka mahdollistavat suurten massairrotuskenttien räjäyttämisen. Nallien hidasteajoilla vaikutetaan syntyvän kasan sijaintiin, korkeuteen ja leveyteen. Asutulla alueella, jossa lain mukaan vaaditaan käytettäväksi patruonoitua räjähdysainetta, käytetään pohjapanoksena dynamiittipatruuna Fordyn:ä ja varsipanoksena patruonoitua emulsioräjähdysainetta Kemix A:ta. Nallitus tapahtuu lähes poikkeuksetta Firex VA lyhythidastenalleilla.

### 3.5 Peittely

Kivien sinkoilemisen estämiseksi asutulla alueella, räjäytettävä kenttä peitellään painavilla räjäytysmatoilla. Räjäytysmatot asetetaan kentän päälle hydraulivasaraa, tai kuvan 4 mukaista tökkäyspuomia käyttäen. Ehjiä ja irtokivistä puhdistettuja räjäytysmattoja asetetaan kentän päälle riittävä määrä ja siten, että matot ulottuvat riittävän paljon räjäytettävän kentän ulkopuolelle. Matot asennetaan paikoilleen siten, että ne eivät vahingoita kentän sähkönsalleja tai johtimia. Koko asennusvaiheen ajan seurataan kenttään kytkettyä vastusmittaria, mikä viestii panostajalle, kulkeeko kentässä virta vai ei. Yhden tavanomaisen 4,8 metrin VA-nallin vastus on noin 3,6 ohmia.



KUVA 4. Tökkäyspuomi (Kameko).

### 3.6 Räjäytys

Räjäytyksen suorittaa räjäytystyönjohtaja, panostaja tai ylipanostaja. Ennen räjäytystä varmistetaan, ettei määritetyllä vaarallisella alueella ole sinne kuulumatonta liikettä ja pääsy alueelle on estetty. Lisäksi huolehditaan, että käyttämättä jääneet räjähdysaineet on siirretty turvalliseen paikkaan. Räjäytyksestä varoitetaan kuuluvalla ja voimakkaalla äänimerkillä, yleensä poravaunuun kiinnitettävällä sireenillä. Asutulla alueella lähiasukaille ilmoitetaan, miten ilmoittaminen räjäytyksestä tapahtuu ja miten ihmisten tulee toimia kuullessaan varoitusäänen. Räjäytykset on suoritettava valoisaan ja selkeään aikaan turvallisuussyistä.

Sähkönalleilla kytketty kenttä räjäytetään kuvan 5 näköisellä langallisella laukaisijalla. Laukaisijan ja panostetun kentän välille kytketään runkojohto, jonka jälkeen laukaisijaan ladataan sähkövaraus kiertämällä kampea riittävän monta kertaa, kunnes saavutetaan riittävä ampeeri määrä.



KUVA 5. Laukaisijaan varataan sähkövaraus päällä olevalla kammella.

Suorittaessa räjäytystä impulssiletkunalleilla, käytetään räjäyttämiseen lähtökohtaisesti kuvan 6 mukaista kaukolaukaisijalaitetta. Laitekokonaisuuteen kuuluu lähetin, vastaanotin sekä impulssiletkurulla. Impulssiletkurullan toinen pää kytketään räjäytettävään

kenttään ja toinen vastaanottimen sytytys elektrodiin. Sytytys elektrodi sytyttää impulssi-letkunallin sisäpuolella olevan reaktiivisen pinnoitteen, jonka syttymisnopeus on 2 100 m/s. Nopeus on suurempi kuin äänen nopeus, ja letkuun muodostuu paineaalto. Paineaalto on riittävän voimakas sytyttämään nallin hidastemassan, mutta riittävän heikko, jotta letku ei halkea ja sytytä vieressä olevaa räjähdysainetta. (Forcit, Nonel -käyttäjän opas, 5.)



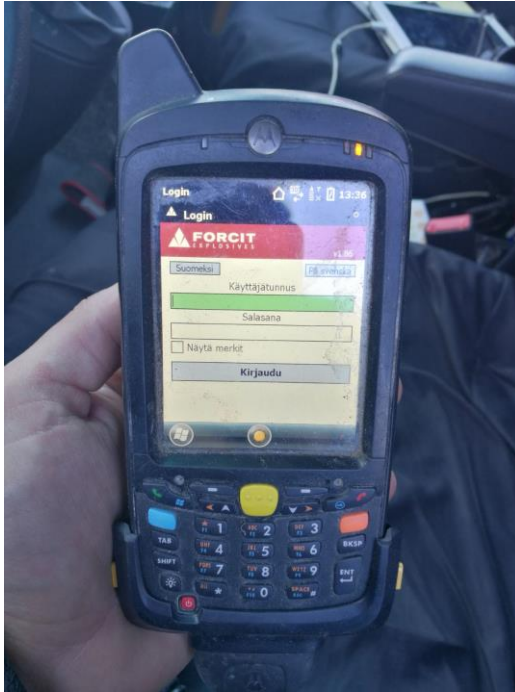
KUVA 6. Kaukolaukaisin.

Kaukolaukaisijan vastaanotin on vietävä riittävän etäälle räjäytettävästä kentästä ja suojaisaan paikkaan, ettei vastaanotin vahingoitu. Lähettimen ja vastaanottimen välinen tyypillinen kantama on noin kilometrin, mikäli välillä ei ole maastoesteitä.

### 3.7 Seuranta

Euroopan unionin direktiivin 2008/43/EY mukaan räjähteiden kulkua elinkaarensa aikana tulee seurata. Tämä tarkoittaa, että räjähdeseineistä ja -tarvikkeista on oltava aina saatavilla tieto valmistuksesta, räjähteen tai tarvikkeen kulutuksesta, omistajan vaihdoksesta, sijainti muutoksesta, keneltä räjähdeseine on siirtynyt ja ajankohta, sekä tieto milloin toiminto on tapahtunut. Räjähdeseineistä ja -tarvikkeista koskeva merkintätieto on säilytettävä 10 vuoden ajan, jonka aikana se on myös suojattava ulkoisilta tekijöiltä, kuten vahingolta ja ilkeilyltä. (Räjäytys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2016, 23.)

Kaikki räjähdaineet ja -tarvikkeet merkataan viivakoodein valmistuksen yhteydessä kaikilla pakkaustasoilla. Viivakoodeja lukemalla kuvan 7 lukijalaitteella helpottaa räjähteiden ja sytytystarvikkeiden sähköistä seuranta. Lukijalaite ja sähköinen seurantajärjestelmä ovat Oy Forcit AB:n tarjoama palvelu.



KUVA 7. Lukijalaite räjähteiden seuranta varten.

## **4 LAITE- JA OHJELMAVALMISTAJAT**

Louhintaliike Ylimäki Oy tilasi Geolaser Oy:ltä laitekokonaisuuden, jolla jatkossa pystytään mittaamaan porareikien kaltevuuksia sekä skannaamaan kalliorintauksia. Laitekokonaisuuteen kuului lisäksi uusi satelliittipaikannin sekä maastomittausohjelma. Kaikki mittaustyö suoritetaan Geolaserilta hankituilta laitteilla, mutta mittausdataa työstetään pääsääntöisesti Oy Forcit AB:n sähköisellä räjäytyssuunnitteluohjelmistolla O-Pitblastilla.

### **4.1 Geolaser Oy**

Geolaser Oy on Tuusulassa sijaitseva yritys, joka on erikoistunut maan- ja rakennusmittaukseen. Yrityksen toimenkuvaan kuuluu mittalaitteiden maahantuonti, myynti, huolto, asennus, koulutus, vuokraus ja ohjelmistopalvelut. Louhintaliike Ylimäki Oy:n mittalaitteiden asiantuntijana ja erityisosajana toimii Geolaserilta Matti Leinonen. Jos mittalaitteissa tai -ohjelmissa ilmenee ongelmia, tulee ottaa yhteyttä Leinoseen, jonka yhteystiedot löytyvät esimerkiksi Geolaserin nettisivuilta.

### **4.2 Oy Forcit AB**

Oy Forcit AB:ltä Louhintaliike Ylimäki Oy on ostanut lisenssin räjäytyssuunnitteluohjelmaan nimeltä O-Pitblast. Kyseessä on räjäytyssuunnitelmien laatimiseen kehitetty sähköinen ohjelma, jolla pystytään luomaan, jakamaan ja optimoimaan 3D-räjäytyssuunnitelmia. Ohjelmalla pyritään täyttämään räjäytystyöntekijöiden kaikki optimointiin ja kontrollointiin liittyvät tarpeet sekä edistämään räjäytystöiden kustannustehokkuutta ja turvallisuutta. (Forcit Explosives, O-Pitblast.)

O-Pitblast on ohjelma, johon tuodaan mittausdata rintauksen skannauksesta ja reikien kaltevuuksista sekä reikien sijainneista. Tiedonsiirtoon ja työskentelyyn O-Pitblastilla perehdytään opinnäytetyön kohdassa 6.4. Ohjelman ensisijainen tarkoitus on informoida panostajia etureikien ja kalliorintauksen väliin jäävästä kallio-osuuden paksuudesta.

O-Pitblastin, laserkeilauksen sekä reikäsuoruuksimittauksen erityisosajana toimii Jari Tarkkanen. Oy Forcit AB on osana liiketoimintaansa tarjonnut jo useamman vuoden ajan

kalliorintausten skannausta ja porareikien kaltevuuksien mittauspalvelua, joten heiltä löytyy alan johtavaa osaamista ja asiantuntemusta. Ongelmatilanteissa ja asiantuntijaneuvojen tarpeessa on käännettävä matalalla kynnyksellä Tarkkasen puoleen, jonka yhteystiedot löytyvät Oy Forcit AB:n nettisivuilta kohdasta O-Pitblast.

## 5 MITTAUSKALUSTON ESITTELY

### 5.1 SatLab SLC GNSS RTK -vastaanotin

Kyseistä satelliittipaikanninta käytetään paikantamaan poratut porareiät sekä määrittämään laserkeilaimelle referenssipisteitä. Maastomittausohjelmassa paikannin käyttää Android pohjaista GeoMax XPad:tä. Paikannin kokonaisuuteen kuuluu kuvan 8 mukaiset tarvikkeet:

- SatLab SLC GNSS 6G
- integroitu 3 G moduuli
- akku, laturi, kuljetuslaukku ja RS-232 -välikaapeli
- ulkoinen antenni, sauva (2,05 m) ja kiinnike sauvaan
- SatLab SLC ToolBox konfigurointiohjelma
- Samsung Galaxy Tab Active Android tabletti.



KUVA 8. Satelliittipaikannuslaitteisto.

Lisäksi satelliittipaikannin tarvitsee 2 kpl SIM-kortteja sekä tukiasemakorjaussignaalin, johon Louhintaliike Ylimäki Oy:llä on ostettu lisenssi. Lisenssi oikeuttaa tukiasemakorjaussignaalin vastaanottamista 40 tuntia kuukaudessa. Lisenssi on mahdollista vaihtaa rajattomaan käyttöön, jos edellä mainittu tunti määrä ei riitä kattamaan kaikkia mittauksia.



## 5.2 Quarryman Pro lasermittauspaketti

Kalliorintausten keilaamiseen eli skannaamiseen tarvittavat välineet on kuvattu kuvassa 9 ja lueteltuna seuraavanlaiset:

- Quarryman® Pro Unit punaisella laserpisteellä
- tasausalusta optisella luodilla
- Renishaw Li-on akku
- Renishaw Li-on akkulaturi
- 3 kpl 8 Gt USB muistitikkua
- 5/8" uros-uros adapteri GNSS antennille
- Quarryman® Pro virtakaapeli
- Quarryman® Pro DC virtakaapeli
- Quarryman Viewer ohjelmisto ja manuaali sekä luja kantolaukku.



KUVA 9. Laserkeilauslaitteisto tarvikkeineen.

### 5.3 Boretrak® porareian kaltevuusmittari

Porareikien kaltevuusmittari pakettiin kuuluu seuraavat elementit, jotka esitetty kuvassa 10:

- kaapeloitu Boretrak® Stainless Steel Probe Head
- tehdas-asennettu 35 m kevlar vahvistettu polyuretaanikaapeli
- kalibrointi jigi
- painotettu jatkovarsi (Weighted Extension Piece)
- tallennin (CDU) kaapeloituun Boretrak®
- CDU välikaapeli
- 3 kpl akkua
- kuljetuslaukku, kantolaukku ja jalusta
- Boretrak Viewer ohjelmisto ja manuaali.



KUVA 10. Porareian kaltevuusmittari Boretrak® -laitteisto. Kuvasta puuttuu painotettu jatkovarsi.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Pohdintaa työstä

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kertoa louhintaurakoitsijalle lakien ja asetusten määräämät velvoitteet sekä toimia työohjeena kalliorintausten laserkeilaukseen sekä reikäsuoruuksimittaukseen. Opinnäytetyössä keskityttiin kertomaan vaihe vaiheelta, miten mittaustyö uusilla laitteilla suoritetaan.

Hankintapäätös mittauslaitteistoon investoinnista tehtiin tammikuun toisella viikolla. Laitteiston toimitusajaksi luvattiin 4 viikkoa, mutta todellisuudessa toimitusaika venyi yli kuuteen viikkoon. Ensimmäinen skannaus päästiin suorittamaan Forcitin edustajan Jari Tarkkasen ja Geolaserin edustajan Matti Leinosen kanssa 22.2.2018. Tämän jälkeen skannauksia ja reikäsuoruuksimittauksia on suoritettu useissa eri kalliomurskeen irrotuskohteissa. Alussa ilmeni hieman teknisiä vaikeuksia mittaustulosten viemisessä sähköiseen panostussuunnitteluohjelmaan O-Pitblastiin. Näihin teknisiin ongelmiin löydettiin kuitenkin nopeasti ratkaisut suunnitteluohjelman tekijöiden ansiosta.

Erityisesti kalliomurskeen irrotuskohteissa eli murskamontuilla louhittaessa, vaara- ja vahinkotilanteita syntyy pääsääntöisesti joko liian matalasta kalliokannesta, tai liian pienestä etäisyydestä etureiän ja rintauksen välillä. Opinnäytetyön tekemiseen käytetyillä mittalaitteilla ja ohjelmistoilla voidaan lähes kokonaan poissulkea toinen merkittävä vaara aiheuttava tekijä. Tämä vuoksi investointi kyseisiin laitteisiin oli todella kannattava. Lisäksi on hyvin todennäköistä, että tulevaisuudessa siirrytään noudattamaan Ruotsin mallia louhittaessa asutulla alueella. Ruotsin lainsäädäntö velvoittaa louhijaa toteamaan tavalla tai toisella kahden ensimmäisen reikärivin taipumat, jos louhinta tapahtuu asutulla alueella tai rintauksen korkeus on yli 10 metriä.

Reikien suoruuksimittauksella ja rintauksen skannauksella pystytään parantamaan louhintatyömaiden turvallisuutta ja optimoimaan panostuksesta ja rikotuksesta aiheutuvia kustannuksia. Tieto kallio-osuuden paksuudesta etureiän ja rintauksen välillä mahdollistaa juuri oikean ominaispanostuksen kyseille alueelle. Lopputuloksena räjähdysainetta kuluu juuri tarvittava määrä, minkä seurauksena kallio hajoaa heti murskattavaan raekokoon, jolloin rikotuskaluston tarve on kohtuullista.

Jatkotutkimusaiheena olisi O-Pitblastin hyödyntäminen koneohjauksen tavoin poravaunuissa. Lisäksi poravaunun hyödyntämistä mittausaineiston keräämisessä, esimerkiksi porareikien suoruudessa olisi aihe, joka kiinnostaisi montaa louhintaurakoisijaa.

## **6.2 Pohdintaa Louhintaliikkeen työmenetelmistä**

Louhintaliike Ylimäki Oy suoriutuu vakiintuneiden työtapojen ja ammattihenkilöstön ansiosta eri louhintakohteista erinomaisesti. Menetelmät eri työvaiheiden välillä on hiottu saumattomaksi vuosien tuoman kokemuksen avulla. Ainoa merkittävämpi epäkohta työmenetelmissä ilmeni tärinämittauksien osalta. Tärinämittaukset on tähän asti suoritettu 1-komponentti tärinämittarilla, jolla mitatut tärinäarvot eivät ole olleet riittävän tarkkoja tai kattavia. Tämän epäkohdan vuoksi, Louhintaliike Ylimäki investoi kahteen uuteen 3-komponentti tärinämittariin, jotka mittaavat kattavasti tärinästä aiheutuvat heilahdukset, taajuudet, amplitudit ja kiihtyvyydet. Kyseisillä tärinämittareilla tullaan jatkossa suorittamaan kaikki tarvittavat tärinämittaukset.

Laserkeilaus- ja reikäsuoritusmittalaistoon investoinnin ansiosta, Louhintaliike Ylimäki Oy on pystynyt kehittämään ja laajentamaan liiketoimintaansa tarjoamalla jatkossa kalliorintausten laserkeilaamista, reikäsuoritusmittauksia, määrä- ja tärinämittauksia.

## LÄHTEET

Forcit Explosives. 2017. O-Pitblast. FI Käyttöohje. Versio 01. Luettu 27.2.2018.  
<http://forcit.fi/assets/O-Pitblast/O-Pitblast-Kayttoohje-FI-v1.pdf>

Forcit Explosives. n.d. Nonel käyttäjän opas. Luettu 12.3.2018  
<http://forcit.fi/assets/product-brochures/Tuotetieto.pdf>

INFRA ry. 2014. Käytännön ohjeita pientalorakentamisen louhintatöihin. Painos 2. Helsinki. Luettu 28.2.2018.

[https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahU-KEwjvoJ32\\_8fZAhXHDSwKHTWKBN0QFghC-MAE&url=https%3A%2F%2Fwww.rakennustieto.fi%2Fmaterial%2Fattachments%2F5ecztM8oF%2F5nvhx%2FFiles%2FCurrentFile%2Flohuintaty-ohje\\_pientalorakentamiseen.pdf&usq=A0vVaw36zmpNWRZpoG5vGuVLwCzu](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahU-KEwjvoJ32_8fZAhXHDSwKHTWKBN0QFghC-MAE&url=https%3A%2F%2Fwww.rakennustieto.fi%2Fmaterial%2Fattachments%2F5ecztM8oF%2F5nvhx%2FFiles%2FCurrentFile%2Flohuintaty-ohje_pientalorakentamiseen.pdf&usq=A0vVaw36zmpNWRZpoG5vGuVLwCzu)

Kameko. n.d. Maanrakennuskoneet, konevuokraus, kauhat ja lisälaitteet mittatilaustyönä. Luettu 2.4.2018

<http://www.kameko.fi/myytava-kalusto/muut/takkayspuomi>

Minilex. Lakia helpommin. 2018. Luettu 13.2.2018

<https://www.minilex.fi/a/ankara-vastuu-ei-edellyt%C3%A4-huolimattomuutta>

Niskanen, T., Posio, A. & Hietavirta, J. 2011. Räjätys- ja louhintatöiden turvallisuusmääräykset selityksineen 2011-2012. Porvoo: Bookwell Oy

Poliisi. 2018. Ilmoitus räjäytystöistä. Luettu 13.2.2018

[https://www.poliisi.fi/luvat/ilmoitus\\_rajaytystyosta](https://www.poliisi.fi/luvat/ilmoitus_rajaytystyosta)

Pinomäki, T., Vuento, A. 2016. Räjätys- ja louhintatyön turvallisuusohje. Työturvallisuuskeskus TTK, rakennus- ja putkijohtoalan työalatoimikunta. Painos 9. Helsinki: PunaMusta.

Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011. Luettu 10.2.2018. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110644#L5P13>

Vuolio, R., Halonen, T. 2010. Räjätystyöt. Suomen rakennusmedia Oy. Helsinki: Tammerprint Oy.