



Emil Ekman

Louhinnan työmenetelmien riskien kartoitus ja turvallinen toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Mestarityö

5.11.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Emil Ekman
Otsikko:	Louhinnan työmenetelmien riskien kartoitus ja turvallinen toteutus
Sivumäärä:	24 sivua
Aika:	5.11.2022
Tutkinto:	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine:	Infrarakentaminen
Ohjaajat:	Lehtori, Mika Räsänen Työpäällikkö, Jani Niemi

Louhinnan ominaispiirteisiin kuuluu tiettyjen riskien olemassaolo, joiden riskienhallinta ja tiedostaminen mahdollistaa turvallisen sekä laadukkaan lopputuloksen. Louhintatyö luokitellaan vastuultaan ankaran korvausvastuun piiriin, joka luo suorittajalleen erityisen huolellisuusvelvoitteen toteutuksen onnistumisessa.

Louhintaa voidaan suorittaa erilaisia menetelmiä käyttäen, joita ovat: räjäytystyöt sekä louhinta ilman räjäytyksiä eli hydraulinen kiilaus.

Tämä mestarityö kartoittaa louhintatyömenetelmien sellaiset tekijät, jotka mahdollisesti hallitsemattomina tai tiedostamattomina voivat aiheuttaa vahinkoja, tapaturmia tai laadullisia puutteita louhintatyössä.

Avainsanat: Louhinta, Riskienhallinta, Turvallisuus

Abstract

Author: Emil Ekman
Title: Risk Mapping and Safe Implementation of Rock Excavation
Number of Pages: 24 pages
Date: 5 November 2022

Degree: Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme: Construction Site Management
Professional Major: Infrastructures
Supervisors: Mika Räsänen, Lecturer
Jani Niemi, Construction Manager

The characteristics of rock excavation include the existence of certain risks. Risk management and awareness of these risks enable safe and high-quality results. Rock excavation is classified in terms of responsibility within the scope of strict compensation liability, which creates obligation for the executor to ensure that rock excavation is conducted properly.

Rock excavation can be carried out using different methods, such as blasting and hydraulic stone splitting.

This thesis examines rock excavation methods to find factors that can cause damage, accidents or quality defects if the executor of the work is not aware of them or does not control them.

Keywords: Rock excavation, Risk management, Safety

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Työn sisältö	2
2	Louhinnan työmenetelmien riskienhallinta	2
2.1	Räjähteellisen louhinnan riskit	3
2.1.1	Vaarallinen alue ja valmistelevat toimenpiteet	3
2.1.2	Räjätystyöilmoitus ja suunnitelmat	4
2.1.3	Räjätysaineet	6
2.2	Poraus	7
2.3	Panostus ja peittäminen	9
2.4	Sytytys	10
2.5	Räjätys	11
2.5.1	Turvallisuus	12
2.5.2	Ympäristö	13
2.5.3	Tärinät	14
2.6	Räjähdyksineeton louhinta menetelmänä	14
3	Louhintamenetelmien normisto	16
3.1	Räjätystyöt	16
4	Laatu ja turvallinen toteutus	19
4.1	Räjätys ja kiilaus	19
4.2	Poraus	21
5	Johtopäätökset	24
	Lähteet	1

Lyhenteet ja käsitteet

InrfaRYL: Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset

Kenttä: Räjätys suunnitelman mukainen kerralla räjäytettävä alue

Lusta: Kalliopintojen välissä sijaitseva savikerros

Panostaja: Henkilö, joka panostaa räjäytettävän kentän

RTV: Räjätystyönjohtaja

Ruutu: Porattavien reikien etäisyys toisiinsa nähden

Ryöstö: Suunnitelman mukaisen louhinta-alan ulkopuolelta irtoava kiviaines

Täkkäys: Kumimatoin tai louheella suoritettava kentän peittäminen

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Käsitteenä louhinta tarkoittaa kallion tai mineraalien irrotusta ja siihen liittyviä töitä. Yhtäältä louhinta voidaan jakaa maanpäälliseen louhintaan sekä maanalaiseen tunnelilouhintaan. Maanpäällinen avolouhinta sen sijaan jakautuu kolmeen pääryhmään, joita ovat: pengerlouhinta, tasauslouhinta sekä kanaalilouhinta. Räjätystyöksi luokitellaan sellainen louhinta, joka suoritetaan räjähteillä. (Vuolio & Halonen 2012, 141.)

Tärkeimmät louhinnan työmenetelmät avolouhinnassa ovat räjäyttämällä suoritettava louhinta sekä hydraulinen kiilaus. Louhintaa voidaan myös suorittaa paisunta-ainetta käyttäen ns. etanadynamiitilla sekä vaijerisahaamalla.

Tässä mestarityössä käsitellään ainoastaan maanpäällistä louhintaa. Tämän työn tilaaja Terrawisen erikoislouhinta -yksikkö on erikoistunut taajamissa suoritettaviin haastaviin louhintakohteisiin, joiden riskienhallinta ja turvallinen toteutus on avainasemassa laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi.

Louhintatyö luokitellaan erinäisten vahingonkorvaussäännösten sekä oikeuskäytännön mukaan ankaran korvausvastuun alaiseksi työsuoritteeksi, minkä vuoksi turvallinen ja laadukas toteutus on ensiarvoisen tärkeää työnsuorittajan näkökulmasta. Ankara vahingonkorvausvelvollisuus tarkoittaa käytännössä sitä, että vahingonkorvausvelvollisuus voi muodostua silloinkin, kun työ voidaan osoittaa määräysten perusteella tehdyn asianmukaisesti ja oikein.

Louhinnan parissa toimiessa on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää työhön liittyvät riskit, ja näiden riskienhallintaan vaikuttavat tekijät. Räjätystöitä tehdessä riskejä ei voida koskaan kokonaisvaltaisesti poissulkea. Huolellisella suunnittelulla ja oikealla toteutuksella voidaan merkittävästi vähentää työhön liittyviä riskejä ja epätoivottujen aineellisten vahinkojen, ympäristövahinkojen sekä henkilövahinkojen syntymistä.

1.2 Työn sisältö

Tämä mestarityö kokoaa yhteen sellaiset riskit ja seikat, jotka saattavat aiheuttaa työnsuorittajalle, ympäristölle tai omaisuudelle vahinkoja, taikka aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia louhintatyön laadun näkökulmasta. Työn tuloksia tullaan hyödyntämään Terrawisen erikoislouhinta -yksikön henkilöstön perehdytyksessä. Työn lopputuotteena valmistuu tuotantotiedosto, jota voidaan käyttää turvallisen ja laadukkaan työsuorituksen varmistamiseen henkilöstön perehdytyksessä.

Mestarityön näkökulmana on louhintatyön turvallisen toteutuksen ja laadun varmistaminen prosessin kaikkien työvaiheiden aikana suunnittelusta toteutusvaiheeseen tehtävän riskienhallinnan ja havainnoinnin pohjalta.

Tutkimusaineistona tässä mestarityössä on käytetty louhintamenetelmiin liittyvää normistoa, tuotantotiedostoja, kirjallisuutta sekä työmailta kerättyä informaatiota, jonka jälkeen tarkastelun kohteeksi nousee edellä mainittujen aineistojen suhde itse käytännön toteutukseen sisällyttäen vallitsevat olosuhteet, suunnitelmat, riskienhallinnan, turvallisen toteutuksen ja toteutuksen laadun.

2 Louhinnan työmenetelmien riskienhallinta

Louhinnan työmenetelmät jakautuvat räjäytystöihin, jossa louhittava kohde eli käytännössä kiintokallio räjäytetään haluttuun muotoonsa. Toinen paljon käytetty menetelmä on kallion hydraulinen kiilaus, jossa louhittava kohde kiilataan irti hydraulisella kiilalla. Kolmas louhintamenetelmä on vaijerisahaus, jossa louhittava ala sahataan irti. Neljäs louhinnan menetelmä on paisunta-aineella suoritettava louhinta, jossa paisunta-aine turvotessaan halkaisee louhintakohteen.

Riskienhallinnan näkökulmasta räjähteellinen louhinta on luonnollisesti kaikista alttein epätoivotuille lopputuloksille, jonka vuoksi räjäytystöiden painoarvo

louhinnan riskien hallinnassa on verrattain merkittävämpi kuin räjähdysaineettoman louhinnan muodostamat riskit.

2.1 Räjähdeellisen louhinnan riskit

Räjäyttämällä suoritettavan louhinnan ensimmäinen työvaihe on reikien poraus, jota seuraa nallitus, panostus, peittäminen ja lopuksi kentän räjäytys, jonka jälkeen voidaan todeta louhintasuorituksen onnistuminen. Jokaiseen työvaiheeseen liittyy useita seikkoja, jotka saattavat aiheuttaa työn epäonnistumisen tai aiheuttaa vahinkoja, joista seuraavaksi esitettävä läpileikkaus aiheesta.

2.1.1 Vaarallinen alue ja valmistelevat toimenpiteet

Ennen räjäytystyön aloittamista tulee räjäytystyötä suunnittelevan määrittää vaarallinen alue. Vaarallinen alue koostuu räjäytettävän kohteen ympäristöstä, jossa henkilö voi vahingoittua sinkoavien kivien, tärinän, painevaikutuksen, kaasujen tai muiden räjähdysten aiheuttamien seurausten vuoksi. (Vna 644/2011, Luku 1, 2 §; TTK 2019, 7.)

Räjäytystyömaan ominaispiirteet luovat puitteet, joiden mukaisesti vaarallinen alue määritellään. Läheiset tärinäherkät rakennukset, tiet, jalankulkuväylät yms. on otettava huomioon ja maastoon on tutustuttava etukäteen ennen louhintatöiden aloittamista, jotta voidaan varmistua riittävien etäisyyksien noudattamisesta räjäytyksen aikana niin ulkopuolisten kuin räjäytystyöntekijöiden kohdalla. (ks. TTK 2019, 6–14.)

Valmisteleviin toimenpiteisiin sisältyy läheisten rakennusten katselmoinnit. Katselmoinneissa ympäristön rakennukset dokumentoidaan etukäteen, jotta voidaan erottaa selkeästi jälkikäteen voiko mahdollinen vahinko olla syntynyt louhinnan yhteydessä. Hyvän tavan mukaisesti myös lähiympäristön informointi ennakkoon vähentää mahdollisia konflikteja prosessin aikana. Valmistelevia toimenpiteitä ovat myös tärinämittareiden asennukset, riskianalyysi sekä kohteen

piirteet huomioivan varovaisen räjäytyssuunnitelman laatiminen tärinöiden minimoimiseksi. (Vuolio & Halonen 2012, 298.)

Riskikartoituksen mukaiset rakennukset tulee huomioida jo valmistelevia toimenpiteitä tehtäessä. Melun ja pölyn vaikutus ympäristöön tulisi myös huomioida tilanteen vaatimalla tavalla varsinkin asutuskeskuksissa toimiessa. Yleisimmät palautetta aiheuttavat asiat liittyvät porauksen tuottamaan meluun, pölyyn taikka räjäytyksen tuottamaan yllättävään ääneen.

2.1.2 Räjäytystyöilmoitus ja suunnitelmat

Räjähteiden yleisien turvallisuusvaatimusten noudattamista valvova viranomaisena on poliisi. Poliisille tulee tehdä ilmoitus räjäytystyön aloittamisesta seitsemän (7) päivää ennen työn aloittamista. Ilmoituksessa tulee esittää muun muassa räjäytystyömaan sijainti, arvioitu kesto-aika, käytettävien räjähteiden lajit sekä määrät, räjäytystyönjohtajan tiedot sekä räjähteiden kuljetukseen ja varastointiin liittyvät tiedot. (Poliisi 2022, poliisi.fi/ilmoita-rajaytystyosta.)

Räjäytyssuunnitelman lisäksi räjäytystyöhön vaaditaan räjäytys- ja louhintatyön turvallisuussuunnitelma, joka liitetään räjäytystyöilmoitukseen. Suunnitelmasta ilmenevät seuraavaksi esitetyt asiat:


- Työn tilaaja
- Työmaan osoite
- Räjäytystyönjohtaja
- Yleiskuvaus, määrät, pengerkorkeudet, kenttäkoot
- Suoritettavien räjäytystöiden aikataulu sekä työajat
- Ympäristössä sijaitsevat varottavat kohteet
- Katselmukset, tärinämittaukset ja herkkien laitteiden katselmukset
- Porauskalusto ja reikäkoot
- Meluntorjunta
- Pölyntorjunta
- Käytettävät räjähteet

- Määrittäminen siitä, onko alue asuttu vai asumaton
- Räjähdeiden säilytys työmaalla
- Räjähdeiden siirto
- Vaarallinen alue ja varmistusmiehet
- Peittäminen ja kiven sinkoutumisen eliminointi
- Varoittaminen
- Yhteydenpito työmaalla
- Ohjeet toiminnasta onnettomuuden sattuessa
- Koneiden ja laitteiden käyttöön liittyvät tiedot.

Työmaan lähtötietojen ja valmistelevien toimenpiteiden jälkeen panostaja laatii kirjallisen räjäytyssuunnitelman jokaisesta räjäytettävästä kentästä erikseen. Suunnitelmasta vastuussa ja lopullisena hyväksyjänä toimii räjäytystyölle määrätty räjäytystyönjohtaja. Räjäytyssuunnitelma sisältää tiedot porauksesta, räjähteistä ja niiden määrästä, panostuksesta, käytettävästä sytytyksestä, kentän peittämisestä, ajankohdasta, jolloin kenttä räjäytetään, vaarallisesta alueesta kentän ympärillä, räjäytykseen liittyvistä muista varmistustoimenpiteistä kuten varmistusmiehistä sekä kaikista niistä sekoista, jota voivat vaikuttaa kyseisen kentän räjäyttämisen turvallisuuteen. (Vna 644/2011, Luku 2, 5 §; ks. TTK 2019, 14.)

Seuraavaksi esitettyssä kuvassa on esimerkki louhintatyön räjäytyssuunnitelmasta, joka sisältää yksityiskohtaisesti turvallisen kentän räjäyttämiseen vaadittavat tiedot. Jokainen räjäytettävä kenttä on itsessään uniikki ja sisältää useita muuttujia. Olennaisinta suunnitelmassa on havainnollistaa räjäytettävän kentän ominaisuudet kuten kentän ampumissuunta, käytettävien räjähteiden määrät, sekä todentaa kirjallisesti räjäytystapahtuman tekniset ominaisuudet, jotka ovat selkeästi jälkikäteen auditoitavissa.

LOUHINTATYÖN RÄJÄYTYSUUNNITELMA

TERRAWISE 

Rakennuttaja _____
 Työmaan nimi _____
 Työmaan numero _____
 Työmaan osoite _____

Päivämäärä _____
 Kellonaika _____
 Kenttänrot. _____

Poraus- ja sytytyskaavio Sähköallit Nonelallit

Pengerkorkeus 1 m
 Reikäsyvyys 1,5 m
 Etu 0,9 m
 Reikäväli 1,2 m
 Ohiporaus 0,5 m
 Reikäkoko 48 mm

Reikiä yht. 24 kpl
 Parametrit yht. 36 m
 Kentän tilavuus 2,5 m³/m³

Max. reikäpanos 0,42 kg

Dynamiitti 10 kg
 Kemix _____ kg
 Kemiitti _____ kg
 Ahto _____ kg
 Putkipanokset _____ kg
 Räj.tullilanka _____ kg
 Muu räj. aine _____ kg
 Yhteensä 10 kg

Ominaispanostus 0,4 kg/m³ktr
 Mom. panostus 0,84 kg/nallinno

0,19 m 0,38 m 0,9 m
 0,5 kpl 1 kpl 0,25
 ETURÄJÄTE

30 m 50 m 35 m 15 m 2 m

4 2 1 1 2 4 10 8
 8 7 3 3 6 7 10 12
 10 9 5 6 9 11 12 14

AMPU SUURTA

PEITTÄMINEN JA VAROALUE

Peittäminen vaaditaan Peittämistä ei vaadita Louhetäkkäys

Materiaali: KUMI 12 kpl

Varoalue: 10 m Epäily lähtemättömistä räjähteistä? Kyllä Ei

RÄJÄYTYSKESKÄ VAROITTAMINEN

Hälytyspilli Varmistuspöytä

Muu, mikä? _____

HUOMAUTUKSIA: _____

RÄJÄYTYSYÖN JOHTAJAN / SUUNNITELMAN LAATIJAN ALLEKIRJOITUS _____

PANOSTAJAN ALLEKIRJOITUS _____

Kuva 1. Louhintatyön räjäytysuunnitelma. (Jarmo Petäjä, RTV, 2022.)

2.1.3 Räjäytysaineet

Räjähteiden käsittely tulee aina olla erityisen huolellista henkilö-, omaisuus- ja ympäristövahinkojen välttämiseksi. Räjähdyksaineet tulee olla niiden hallintaan oikeutetun henkilön välittömässä valvonnassa ja räjähdyksaineita saa siirtää vain siihen oikeutettu henkilö ADR kuljetuksena (ADR = eurooppalainen sopimus vaarallisten tavaroiden kansainvälisistä tiekuljetuksista). (Laki vaarallisten kemikaalien ja käsittelyn turvallisuudesta (390/2005) 9 §; 74 §.)

Räjähdyksaineita saa käsitellä vain siihen oikeutetun pätevyysasiakirjan omaava henkilö tai hänen välittömässä valvonnassansa oleva henkilö. Räjähteistä on ja niiden määrästä on myös pidettävä kirjaa, jotta voidaan todentaa mihin kyseiset räjähteet on käytetty. (Vna 644/2011, Luku 3, 7 §; 12 §). Räjähteiden käsittelyssä ja varastoinnissa tulee myös aina huomioida valmistajan ohjeistus.

Yleisimmin käytettyjä räjähteitä Räjätystyössä ovat: Dynamiitti ja Emulsiot, kuten Kemix A. (ks. <https://forcitexplosives.fi/tuotteet/>). Asutulla alueella räjähdysaineiden tulee olla kappaletavara muodossa. Edellä mainitut asiat esitetään räjäytys- ja louhintatyön turvallisuussuunnitelmassa.



Kuva 2. Forciträjähteitä KEMIX A, Emulsio. (Kuva noudettu: Forciträjähteitä Tuotetieto 24012022_KEMIX_KEMIXA PATRUUNA (1).)

Kuva 3. Forciträjähteitä FORDYN, dynamiitti. (Kuva noudettu: Forciträjähteitä Tuotetieto 23062021_FORDYN.pdf.)

2.2 Poraus

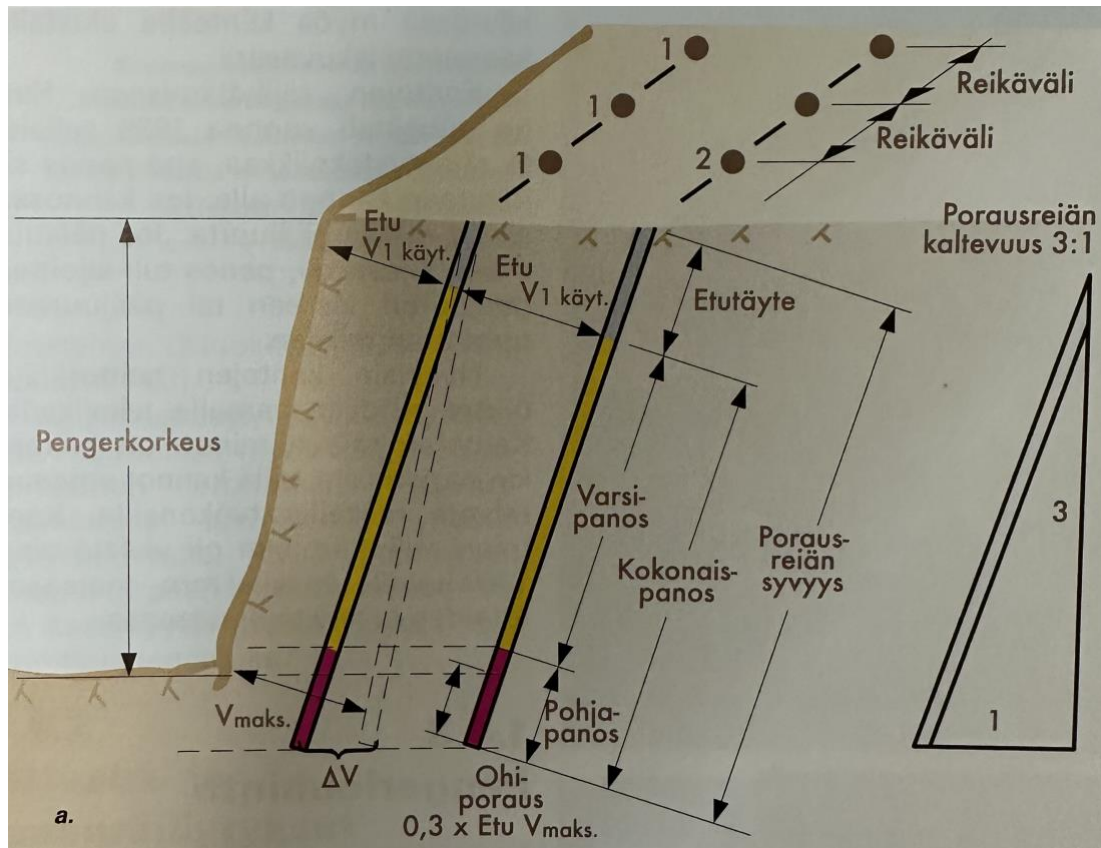
Suunnitelman mukainen ja onnistunut poraus on avainasemassa laadukkaan ja turvallisen räjäytystyön toteutuksessa. Panostajan sekä porarin saumaton kommunikaatio sekä havainnointi luovat puitteet onnistuneelle lopputulokselle.

Tärkeimmät valtioneuvoston asetuksen 644/2011 mukaiset huomiot poraamisen suorittamiseen ovat: Poraaminen tulee suorittaa räjäytysuunnitelman mukaisesti, vanhoja reikiä ei saa porata, mikäli ei olla varmistuttu reikien olevan tyhjiä, taikka porattavissa kohteissa epäillään olevan lähtemättömiä eli räjähtämättömiä räjähteitä. Tällöin työ tulee lopettaa välittömästi. Panostetun reiän viereen poraamisessa tulee noudattaa erityistä varovaisuutta ja keskeyttää poraus välittömästi, mikäli havaitaan vaara porareikien yhtymiselle. Muista porauksen turvallisten vaikuttavista seikoista tulee informoida räjäytystyönjohtajaa välittömästi. (Vna 644/2011, Luku 5, 13 §.)

Porauksen suoritus aika työmaalla ajoittuu usein sellaiseen hetkeen, kun työmaa on vielä hyvin koskematon eli käytännössä rakentamisen alkuvaiheeseen. Työmaan vaikeakulkuisuus ja työmaatiestön puutteet aiheuttavat haasteita niin porarille, kuin muille räjäytystyöryhmän jäsenille. Edellä mainittuun asiaan tulisikin kiinnittää erityistä huomiota louhinnan aikana tapaturmien välttämiseksi.

Porausteknisesti suurimmat riskit turvallisen ja laadukkaan lopputuloksen aikaan saamiseksi liittyvät oikeaan ruutukokoon ja sekä oikeaan poraussyvyyteen. Liian pienellä ruutukoolla kenttä voi lähteä liikaa ja liian nopeasti, kun taas liian suurella ruutukoolla kenttä voi lähteä liian huonosti ja hitaasti aiheuttaen liiallista tärinää lähiympäristöön. Räjäytettävän kentän edun on oltava oikea suhteessa reiän syvyyteen. Liian pieni etu voi aiheuttaa ylipanostustilanteen, jolloin voi aiheutua kivien sinkoilun vaara, kun sen sijaan liian suuri etu voi heikentää kiven irtoamista ja täten aiheuttaa liiallista tärinää. (TTK 2019, 439.)

Optimaalisin tilanne, johon louhintatyössä pyritään, on tilanne, jossa kaikki edellä mainitut tekijät ovat oikeassa suhteessa, jolloin kenttä irtoaa hyvin aiheuttaen mahdollisimman pienen tärinän ja toivotun lopputuloksen. Seuraavassa kuvassa on esitetty pengerialouhinnan kuvaus liittyen edellä mainittuun kuvaukseen havainnollistamaan tilannetta.



Kuva 4. Vuolio & Halonen 2012, 32.

2.3 Panostus ja peittäminen

Räjätettävän kentän panostukseen ja peittämiseen liittyvät valtioneuvoston asetuksen minimi vaatimukset määritellään Vna 644/2011, Luku 5, 14 ja 15 pykälissä. Panostus tulee suorittaa suunnitelman mukaisesti tarkoitukseen sopivia räjähteitä ja määriä käyttäen, jotka on määriteltävä räjäytys suunnitelmassa.

Räjätettävän kentän ominaispanostus tarkoittaa kentän koon suhdetta kentässä olevaan räjähdysaineen määrään suhteessa kilogrammaa/kuutio. Ominaispanostus lasketaan aina louhintatyön räjäytys suunnitelmassa kenttäkohtaisesti.

Peittämisen tarve niin ikään tulee arvioida räjäytys suunnitelmassa. Asutuilla alueilla peittäminen tulee suorittaa aina kyseiseen tarkoitukseen valmistetuilla

kumimatoilla. Edellä mainittua toimenpidettä kutsutaan täkkäykseksi. Louhintatyön turvallisuussuunnitelmassa sekä louhintatyön räjäytyssuunnitelmassa määritellään käytettävän suojauksen määrä ja laatu. Onnistuneen kumimatoilla suoritettavan täkkäyksen viimeistelee huolellinen irtokivien poisto mattojen päältä, jolla estetään päällä olevien kivien sinkoutuminen räjäytyksen yhteydessä. Peittäminen voidaan toteuttaa myös osittain louhetäkkäyksellä, jossa räjäytettävän kentän rintauksen juureen kerätään louhetta vaimentamaan louhintasuuntaan heittävän kiven määrää.

2.4 Sytytys

Sytytysjärjestelmän valinnalla ja nallituksen suunnittelulla kyetään hallitsemaan räjäytystä sekä vaikuttamaan haluttuun lopputulokseen. Yleisesti käytetyimpiä sytytysjärjestelmiä ovat sähkönallit sekä Nonel (non electrical) – sytytysjärjestelmä. Käytännössä räjäytettävän kentän sytytysjärjestelmä ja nallitus hidastaa ja jakaa reikien räjähdysten osiin, jolla kentän räjähdystä voidaan hallita. Tavoitteena kentän jakamisessa nallituksen avulla on luoda sellainen räjäytysten ketju, joka mahdollistaa aina edellisen nallin räjähdysten aiheuttaman lähtevän kiviaineksen liikkumisen sopivan kauas, mutta sopivan lähelle seuraavaa räjähdystä, jotta se kykenee ottamaan vastaan ja vaimentamaan seuraavan nallinumeron luomaa räjähdystä. (ks. Kuva 1. Louhintatyön räjäytyssuunnitelma.)

Sytytysjärjestelmän ja nallituksen avulla voidaan vaikuttaa kentän irtoamiseen eli siihen, miten ammuttava kenttä lähtee irtoamaan räjäytyksen hetkellä. Käytännössä edellä mainittu tarkoittaa räjäytettävän kiven sinkoamissuuntaa ja nopeutta sekä kentän purkautumissuuntaa. Sytytysjärjestelmällä voidaan myös vaikuttaa louhittavan kiven lohkokokoon eli siihen, minkä kokoista kiveä louhittavasta kallioista lopputuotteena saadaan. Edellä mainittuun ei asutulla alueella varomääräysten johdosta voida vaikuttaa niin paljon, kun hieman syrjäisemmillä seuduilla. Sytytysjärjestelmällä vaikutetaan myös heittoon, paineaaltoon sekä räjäytyksen tuottamaan tärinään. (Vuolio & Halonen 2012, 76–95; 101.)

Sytytysjärjestelmän suunnittelulla ja toteutuksella on merkittävä rooli louhinnan turvallisen ja laadukkaan suorittamisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Panostajan on otettava aina huomioon kaikki sellaiset tekijät, joiden merkitys voi vaikuttaa räjäytyksen lopputulokseen. Asutuilla alueilla toimiessa tärinät ovat yksi merkittävimmistä kiistoja aiheuttavista tekijöistä. Louhinnan alan kuuluminen ankaran korvausvastuun alaiseen toimintaan luo merkittävän intressin kyetä välttämään tärinän aiheuttamia vahinkoja ympäröiville rakennuksille ja rakennelmille. (ks. MOT-ohjelmassa Kodit, jotka halkesivat, 2022.)

2.5 Räjätys

Ennen räjäytystapahtumaa kaiken ennalta tehtävän riskien kartoituksen ja niiden huomioinnin tulee olla huolellisesti suoritettu. Räjätuksen hetkellä panostaja tai räjäytystyönjohtaja eivät voi enää vaikuttaa niihin tekijöihin, jotka vaikuttavat itse räjäytettävän kentän käyttäytymiseen, mutta voivat olennaisesti vaikuttaa ympäristön sekä henkilöiden turvallisuuteen, mikäli kentän porauksessa, panostuksessa taikka peittämisessä olisikin jotain sellaista, joka on jäänyt huomioitta. Huolellisesti ja oikein valmistellun räjäyttämällä louhittavan kentän yllättävään käyttäytymisen suurin vaikuttava tekijä on kivilaatu sekä kallion muut geologiset ominaisuudet, joka saattavat välillä yllättää kokeneemmankin räjäytystyötä suorittavan henkilön.

Ennen sytyttämistä kentän räjäyttävän henkilön on varmistuttava siitä, ettei vaarallisella alueella ole ihmisiä eikä ylimääräisiä räjähteitä. Räjätteet ja nallit tulee säilyttää ja kuljettaa erillään, jotta mahdollisesti nallien tahattomasta laukeamisesta johtuva räjähdys ei sytytä räjähdysaineita. Räjätuksesta on myös annettava äänimerkki, jolla saadaan ympäristö varoitettua tulevasta räjähdyksestä. (Vna 644/2011, Luku 5, 16 §, 17 §; Vna 644/2011, Luku 4, 9 §.)

Räjätämätöntä kenttää tulee vartioida sekä ulkopuolisten pääsy kentälle tulee estää. Räjätettävä kenttä saadaan kytkeä vasta välittömästi ennen räjäytystapahtumaa. Lisäksi sääolosuhteiden huomiointi kuuluu olennaisesti räjäytystöiden riskienhallintaan. Heikko näkyvyys voi estää räjäytystyötä

suorittavaa havainnoimasta sellaisia riskejä, joita hänen pitäisi kyetä havaitsemaan. Ukkonen voi aiheuttaa sähkönallega käytettäessä räjähteiden syttymisriskin, jonka vuoksi ukonilman lähestyessä räjäytystyöt on välittömästi keskeytettävä. (TTK 2019, 32, 46.) Räjäytyksestä aiheutuvat palokaasut ovat terveydelle vaarallisia hengitettäessä, joten räjäytyksen jälkeen suojaetäisyyden pitäminen alueen tuulettumisen ajaksi on henkilöiden suojaamisen kannalta tärkeää.

2.5.1 Turvallisuus

Yhtäältä louhintatyö kuuluu erinäisten lakien ja asetusten sääntelyn piiriin, josta enemmän tämän mestarityön kolmannessa luvussa. Turvallisen louhintatyön suorittamisen varmistaminen alkaa työntekijän perehdyttämisestä ja päättyy hetkeen, kun louhintatyö on turvallisesti suoritettu päätökseensä.

Louhintatyömaalla turvallisuuden varmistamiseen olennaisesti liittyy niin oman kuin muiden työmaalla työskentelevien työturvallisuuden varmistaminen, työmaan ulkopuolisten henkilöiden sekä ympäristön turvallisuuden varmistaminen. Turvallisen toteutuksen kannalta avainasemassa on huolellinen suunnittelu. Varsinkin alalle saapuneiden uusien työntekijöiden perehdytykseen tulisi kiinnittää erityistä huomiota vahinkojen välttämiseksi. Räjäytystöitä suoritettaessa ensiarvoisen tärkeää on iskostaa uusille työntekijöille sellainen ajatusmalli, että ohjeiden kuuntelemisella ja niiden mukaan toimimisella suurin osa riskeistä voidaan välttää. Virheistä ja epävarmuutta aiheuttavista asioista tulee viipymättä ilmoittaa vastuuhenkilölle, sillä useimmat virheet ovat korjattavissa taikka niihin voidaan puuttua esimerkiksi kenttää panostettaessa. Edellä mainitusta esimerkkinä voitaisiin nähdä tilanne, jolloin panostetun reiän etutäyte on jäänyt vajaaksi. Vajaaksi jätetty etutäyte voi aiheuttaa räjähdysvoiman purkautumisen reiän kautta hallitsemattomasti. Tilanne voidaan korjata ennakkoiden täkkäyksen lisäämisellä tai asettamalla suuri kivi reiän päälle ennen täkkäystä. Panostettuja reikien etutäytenä käytetään soraa, jonka raekoko yleisesti vaihtelee 3–6 mm välillä. Täytteen asentamista kutsutaan roppaamiseksi.

Työnantajan vastuulla on varmistaa, että työntekijä on tietoinen työhön liittyvistä riskeistä ja vaaratekijöistä. Tärkeimpiä asioita ovat itse työmenetelmiin liittyvät erityispiirteet ja niiden huomioiminen kuten räjähteiden kanssa toiminen, liikkuvien koneiden kanssa työskentely, turvallinen liikkuminen työmaalla, henkilökohtaisten suojainten käyttö sekä toiminta tapaturman sattuessa. (TTK 2019, 10.)

2.5.2 Ympäristö

Räjätystyöt vaikuttavat käytännössä aina jossain määrin myös sitä lähellä sijaitsevaan ympäristöön. Louhinnan määrät ja tarpeet ovat 1900-luvulta lähtien kasvaneet Suomessa tasaisesti rakentamisen lisääntymisen ja kaupungistumisen seurauksena. Samanaikaisesti viihtyvyyden ja turvallisuuden tarpeiden huomioiminen räjäytystöitä suorittaessa on kasvanut, vaikkakin samalla voidaan todeta räjäytystyömaiden aiheuttavan hyvin vähän onnettomuuksia verrattuna muuhun rakentamiseen. (Vuolio & Halonen 2012, 298–301.)

Asutuilla alueilla suurimmat räjäytystöiden aiheuttamat kriittiset riskit liittyvät tärinään, joka esitellään seuraavassa kappaleessa sekä kivien sinkoutumisen ja heiton aiheuttamiin tilanteisiin. Heiton ja sinkoutumisen riski voidaan minimoida huolellisella suunnittelulla. Kaikista suurimman ja merkittävimmän epävarmuustekijän luo kuitenkin ympäristö itse eli käytännössä kallion geologiset ominaisuudet, vaihtelevuudet sekä arvaamaton käytös erilaisissa tilanteissa. Asiaan voidaan vaikuttaa ottamalla huomioon geotekniset riskit, ja suunnitella työt erityistä varovaisuutta noudattaen. (Vuolio & Halonen 2012, 298–301.)

Porauskaluston aiheuttamat mahdolliset öljyvuodot tulee huomioida louhintatyön toteutuksessa ympäristön suojelemisen näkökulmasta. Porauskaluston välittömässä läheisyydessä tulee olla öljyn imeytykseen tarvittava kalusto, jolla vahingon sattuessa ympäristöön levinnyt öljy saadaan imeytettyä asianmukaisesti jatkokäsittelyä varten. Ympäristön kannalta myös pölyn ja melun

hallinta on huomioitava huolella keräämällä porauspöly asutuilla alueilla sekä noudattamalla meluaikoja ja rajoituksia.

2.5.3 Tärinät

Räjähteellinen louhinta menetelmänä on tehokas ja hyvin paljon käytettynä myös yleisesti eniten haasteita aiheuttava menetelmä. Räjähdyttämällä aiheutettu jännitysaalto saa aikaan kiven rakoilun ja irtoamisen. Jännitysaalto aiheuttaa lisäksi tärinää, joka voi liian voimakkaana aiheuttaa asutuilla alueilla vaurioita ympäröiville rakennuksille sekä muille tärinäherkille kohteille. (Vuolio & Halonen 2012, 35–36)

Tärinän määrää ja ilmentymistä mitataan sekä tärinän vaikutusta ympäristöön analysoidaan vakiintuneilla menetelmillä. (ks. RIL 253-2010.) Kuten jo aiemmin tässä mestarityössä esitetyillä riskienhallintatoimenpiteillä ja suunnittelulla tärinöiden vaikutusta ja hallintaa suoritetaan jatkuvasti koko räjäytystyön ajan. Yksi merkittävimmistä keinoista on aloittaa työ varovaisemmin nalli kerallaan taikka jakamalla panos pienellä ”testikentällä”, mikäli työmaan ympäristö on erityisen herkkä tärinälle. Varovasti aloittamalla voidaan edetä työssä raja-arvojen sallimissa rajoissa suurempiin kenttiin, mikäli mahdollista. Huomion arvoista on, että kerran tapahtunutta tärinän raja-arvojen ylitystä ei saa enää tekemättömäksi.

2.6 Räjähdyksineeton louhinta menetelmänä

Hydraulinen kiilaus menetelmänä itsessään ei sisällä samanlaisia laaja-alaisia riskejä menetelmän räjähteettömyyden johdosta. Menetelmää käytetäänkin yleisesti sellaisissa kohteissa, joissa syystä tai toisesta räjähteellisen louhinnan toteutus ei ole mahdollista tai kokonaisuutena työnluonteelta tarkoituksenmukaista.

Kiilaustyöhön liittyvät yleiset rakennustyömaan turvallisuuteen liittyvät seikat ovat samoja kuin muissakin rakennustöissä. Räjähdeettömyytensä vuoksi räjähteisiin

liittyvää normistoa ei ole sovellettava kiilaustöissä. Kiilaukseen liittyvät riskit myös ympäristölle ovat huomattavasti pienemmät. Kiilauksen toteutuksessa riskit liittyvät kiilattavan alueen rajaamiseen ja hallintaan sekä työnsuorittajan turvallisuuteen.

Hydraulisen kiilan toimintaperiaate on käytännössä hyvin yksinkertainen; Hydraulisesti liikkuva kiilaa halkaisee poratusta reiästä ympäröivän kiviaineksen. Kiilaus tapahtuu usein riskialttiissa paikoissa, kuten anturoiden tai putkijohtojen läheisyydessä. Herkkien kohteiden läheisyyden vuoksi kiilatessa tulee ottaa huomioon työkohteen rajaus sekä kiilaussuunta, siten, ettei ympäristöä vahingoiteta eikä kohdetta ryöstetä liikaa.

Työntekijän näkökulmasta suimmat riskit liittyvät painavan kiilan käsittelyyn sekä kiilassa olevan suuren paineen aiheuttamiin riskeihin; Mikäli kiilaan tulee jokin vika tai se niin sanotusti ”hyppää taaksepäin” kuormittuessaan liikaa. Henkilökohtaisten suojarusteiden sekä kiilan oikeaoppinen käyttö ovat kaikista merkityksellisimpiä tekijöitä turvallisen kiilauksen suorittamisessa. Porauksen merkitys kiilauksen onnistumiseen on huomion arvoinen seikka, sillä porauksen suunnittelu ja onnistuminen mahdollistavat onnistuneen kiilauksen.

Työsuoritteiden kannalta olennaisimmat työtekniset asiat kiilauksessa liittyvät kiilan turvalliseen käsittelyyn. Kiila painaa itsessään noin 30 kilogrammaa, joten sen käsittelyssä tulee olla huolellinen. Kiilan toiminta vaatii tiheän rasvauksen. Puutteellinen rasvaus voi aiheuttaa kiilan jumitumisen, joka vapautuessaan voi aiheuttaa kiilan yllättävän äkkinäisen liikkeen. Rasvauksen puute aiheuttaa myös helposti kiilan rikkoutumisen, joka ei myöskään ole suotavaa.

3 Louhintamenetelmien normisto

3.1 Räjätystytöt

Räjätysttöiden erikoisluonteen vuoksi suunnittelua ja turvallista toteutusta ohjaamaan on luotu normistoa, joka sisältää erinäisiä lakeja, asetuksia sekä ohjeistuksia.

Yhtäältä louhintaan sovelletaan rakentamisessa yleisesti huomioitavan lainsäädännön ja asetusten lisäksi erityisiä louhintaan ja sen erityispiirteisiin liittyvää normistoa, joita ovat:

- Laki vaarallisten kemikaalien ja käsittelyn turvallisuudesta 390/2005
- Työturvallisuuslaki 738/2002
- Laki vaarallisten aineiden kuljettamisesta tiellä 719/1994
- Panostajalaki 423/2016
- Valtioneuvoston asetus panostajan pätevyyskirjoista 458/2016
- Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011
- Räjätysttys ja louhintatyön turvallisuusohje (Työturvallisuuskeskus)
- Asetus räjähteiden valmistuksen, käsittelyn ja varastoinnin turvallisuudesta 1109/2015
- Kaivoslaki 612/2011
- Rakentamisen aiheuttamat tärinät eli RIL 253-2010 ohje

Kuten edellä mainitusta luettelusta voidaan todeta ovat räjäytystytöt hyvinkin moninaisen normiston säännöstelemiä. Sääntelyllä pyritän luomaan pelisäännöt louhintatyön turvalliseen ja yhtäläiseen toteutukseen sekä työhön sidonnaisten riskien hallitsemiseen. Seuraavaksi käymme läpi edellä mainitun sääntelyn tärkeimmät kohdat yksityiskohtaisemmin.

Valtioneuvoston asetuksen räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011 1 Luvun 3 §:n mukaisesti:

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.

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) hätätilanteista pelastautuminen ja pelastautumislaitteen tarve; sekä
- 8) muut räjäytys- ja louhintatyön terveyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.

Turvallisuussuunnitelman tulee olla kirjallisessa muodossa sekä läpikäytävä työntekijöiden kanssa ennen työn aloittamista. Työnantaja on kokonaisvastuussa suunnitelman implementoinnista käytännössä työntekijöiden keskuuteen sekä suunnitelman ajantasaisuudesta. (Vna 644/2011, Luku 2, 4 §.)

Räjäytystyön turvallisen toteutuksen näkökulmasta olennaista on huomioida Valtioneuvoston asetuksen räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta Luvun 2, 6 §:n mukaisista säädöksistä liittyen yksintyöskentelyyn, jolloin työnantajan on oltava yhteydessä työntekijään ainakin kerran päivän aikana ja välittömästi työpäivän päätyttyä. Lisäksi räjäytystyötä tehdessä työntekijöiden

kommunikaation toimivuus on varmistettava. Osa turvallisesta toteutuksesta muodostuu räjäytystyönjohtajan velvollisuudesta vierailta räjäytyskohteessa vähintään kerran työvuoronaikana, jollei turvallisuussuunnitelmassa ole esitetty eriäviä vaatimuksia.

Räjähdysaineiden käyttöön ja käsittelyyn liittyy aina mahdollinen onnettomuuden vaara, joka käyttäjän on aina tiedostettava. Räjähdysaineiden virheellisellä käytöllä voi olla vakavia seurauksia niin henkilöiden terveydelle, ympäristölle kuin omaisuudelle. Louhinnassa käytettävät räjähteet voidaan jakaa kahteen ryhmään eli käytännössä räjähdysaineisiin sekä sytytysvälineisiin. Räjähdysaineita ja sytytysvälineitä on kehitetty useisiin käyttökohteisiin, jotka läpikäytiin tässä työssä aiemmin toisessa luvussa. (ks. Räjäytys ja louhintatyön turvallisuusohje 2019, 8.)

Räjäytys suunnitelman laadinnasta ja sisällöstä määrätään Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011, Luvun 2, 5 § mukaisesti:

Panostajan on tehtävä räjäytettävästä kentästä tai muusta räjäytyskohteesta kirjallinen räjäytys suunnitelma, joka sisältää tiedot porauksesta, räjähteestä ja sen määrästä, panostamisesta, sytytyksestä ja sytytysjärjestyksestä, peittämisestä, räjäytysajankohdasta, vaarallisesta alueesta ja varmistustoimenpiteistä sekä muista räjäyttämisen turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä.

Työn aikana havaituista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä on tehtävä muutokset räjäytys suunnitelmaan ja ilmoitettava niistä välittömästi asianomaisille työntekijöille.

Panostajalaki 423/2016 määrittelee puitteet ja vaatimukset, joiden mukaan luonnolliselle henkilölle voidaan aluehallintoviranomaisen toimesta myöntää panostajan pätevyys.

Räjähteiden käsittelyyn ja käyttämiseen liittyvät säädökset määritellään Vna 644/2011:n 7 §:n mukaisesti. Räjäytystyötä ei saa aloittaa ennen kuin sille on nimetty räjäytystyönjohtaja. Räjäytystyönjohtajan nimi on oltava räjäytystyötä

tekevien tiedossa ja nähtävillä työmaalla. Räjätystyönjohtajan tehtäviin kuuluu räjäytys suunnitelman hyväksyntä, ja suunnitelman toteuttamisen vaatimien toimenpiteiden suunnitteleminen. Asutuilla alueilla räjäytystyönjohtajalla tulee olla räjäytystyön vastuuhenkilön pätevyyden osoittava asiakirja, jonka hallinnoivana ja valvovana viranomaisena toimii aluehallintovirasto. (Vna 644/2011, Luku 3, 7–8 §.)

4 Laatu ja turvallinen toteutus

4.1 Räjätys ja kiilaus

Yhtäältä InfraRYL määrittelee louhinnan määrämittauksen sekä laatustandardit. InfraRYL 1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja tunnelit määrittelevät laatukriteerit, joiden mukaan louhintatyöt tulee toteuttaa. Louhintatyön suorittaja sekä tilaaja sitoutuvat yleisesti sopimuksella näihin standardeihin, joiden perusteella laadukas lopputulos on auditoitavissa koko prosessin ajan.

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö (Määrämittaushoje) sen sijaan määrittelee louhintatyön kannalta olennaisen määrien mittauksessa käytettävät standardit. Ohjeen noudattaminen niin työntilajaan kuin työnsuorittajan näkökulmasta selkeyttää ja helpottaa prosessia sekä vähentää ristiriitojen syntymistä. Määränmittaus itsessään on työnsuorittajankin kannalta olennainen prosessi määrämittaisen laskutuksen pohjaksi sekä tilaajalle kustannusten ennakkoinnin näkökulmasta.

Aiemmin tässä mestarityössä todettuna tekijät, joiden merkitys laadukkaan lopputuloksen aikaan saamiseksi riippuvat itse kallion geologisista ominaisuuksista, käytetystä räjähdysaineesta, porauksen kulmasta ja niiden purkautumissuunnasta sekä sytytysvälineiden ja nallituksen suunnittelusta. Merkityksellisin edellä mainituista on kuitenkin se, johon panostaja ei voi vaikuttaa eli kallion geologiset ominaisuudet, mutta oikealla suunnittelulla ja toteutuksella luodaan laadukas lopputulos. (Vuolio & Halonen 2012, 101.)

Räjäytystöiden turvallinen toteutus vaatii aina tässä työssä mainitun laiset toimenpiteet, kuten huolellisen suunnittelun, ympäristön huomioimisen, louhintatekniset suunnitelmat, joiden avulla räjäytyksestä saadaan halutunlainen hallittu lopputulos. Yksikään räjäytys ei ole kuitenkaan riskitön, vaan riskinhallinnan kautta räjäytyksiä tekevät henkilöt kykenevät minimoimaan mahdolliset epäsuotuisat lopputulokset kuten laadun heikkenemisen.

Hydraulisen kiilauksen kohdalla kallion geologisten ominaispiirteiden merkitys on huomattava työn toteutuksen ja laadun kannalta. Kallion laatu vaikuttaa merkittävästi siihen, miten kivi irtoaa kiilauksen yhteydessä. Tärkeimpiä asioita laadukkaan kiilaustuloksen aikaan saamiseksi ovat itse louhintakohteen erityispiirteiden huomiointi, kuten edellä mainitut kivilaatuun liittyvät piirteet.

Edellä mainittujen laatuun vaikuttavien tekijöiden viimeinen sekä tärkein osa ovat ammattitaitoinen henkilöstö. Ammattitaitoiset sekä asiaan perehtyneet asiallisen henkilökohtaisen suojauksen omaavat työntekijät varmistavat loppu viimein laadukkaan työn toteutuksen ja tuloksen.

Tapaturmien välttäminen voidaan katsoa laadun kriteeriksi. Yleisimpiä louhintatöissä tapahtuvia henkilöön kohdistuvia vahinkoja ovat muun muassa liukastumiset, putoamiset, kaatumiset, liikkuvien koneiden aiheuttamat tapaturmat, kivien aiheuttamat roiskeet sekä pölyn, melun ja värinän aiheuttamat sairaudet. Räjähdysaineet myös itsesään aiheuttavat allergisia oireita ihokosketuksen kautta. Dynamiitin sisältämä nitroglyseriini aiheuttaa ihokosketuksen välityksellä esimerkiksi päänsärkyä, mikä vuoksi räjähteitä tulisi aina käsitellä suojakäsinein. Erityisen varovaisuuden käsittelyyn tuovat kosteat ja märät olosuhteet aiheuttavat haasteita, jolloin haitallisten aineiden liukeneminen ja ihokosketus ovat erittäin todennäköisiä huolimattomuuden seurauksena. Turvallisen työnsuorittamisen edellytyksenä on huomioida edellä mainitut riskit ja huolehtia asianmukaisesta suojauksesta.

Tyypillisimmät louhinnan aiheuttamat materiaaliset vahingot liittyvät sokkeleiden tai hormien halkeamiseen, roiskeiden taikka kivien sinkoutumisen aiheuttamiin

vahinkoihin, seiniltä ja hyllyiltä pudonneisiin esineihin, pölyn aiheuttamiin vahinkoihin sekä kaivojen kuivumiseen liittyviin ongelmiin. Huolellisella suunnittelulla ja riskien kartoituksella vahinkojen syntymistä voidaan minimoida, mutta vahinkojen syntymistä ei koskaan voida järjestäen poissulkea.

4.2 Poraus

Porauksen oikeaoppisella suorittamisella on suuri merkitys louhintatyön onnistumisen kannalta. Väärin tai huolimattomasti poratut reiät voivat aiheuttaa räjäytystöissä vakavia tapaturmia.

Seuraavaksi kirjallisesti sekä kuvallisesti esitettyjen mahdollisten porausvirheiden merkitys louhinnan lopputulokseen voi olla merkittävä, joista ensimmäinen on aloituspaikkavirhe. Virhe muodostuu siten, että poraus aloitetaan väärästä kohdasta, jolloin reiän etu jää liian pieneksi. Liian lyhyeksi jäänyt etu voi aiheuttaa räjäytystöissä vakavia seurauksia kentän liiallisen irtoamisen johdosta. Kiilauksen kodalla liian pieni etu sen sijaan ei ole vaarallinen, mutta työsuorituksen tehokkuus voi laskea merkittävästi.

Toinen tyypillinen porausvirhe liittyy reiän väärään kallistukseen taikka suuntaukseen. Reiän väärä suuntaus voi luoda liian pienen edun ja reagoida samalla tavalla kuin kohdassa yksi kuvattu virhe. Liian pystyihin reikiin sen sijaan liittyy räjäytystöissä aina huomattavasti suurempi riski kentän oikeasuuntaiseen lähtöön kuin huolellisesti samansuuntaisiin reikiin. Yleisesti pystyreikiä pyritään välttämään riskien minimoiseksi. Pystyreikien käyttö kiilauksessa sen sijaan voi aiheuttaa tilanteen, jolloin kiilauksen tuottama voima ei jaksaa irrottaa kiilattavaa kohdetta sekä altistaa kiilaukskaluston liialliselle kuormitukselle.

Kolmas tyypillinen poraustekninen virhe on reikien taipuminen. Reikien taipumista tapahtuu yleisesti rakoilevassa kalliossa. Reikien taipumista voidaan estää suurentamalla porausreiän kokoa. (Vuolio & Halonen 2012, 157). Reikien taipuminen hankaloittaa merkittävästi panostamista räjäytystöissä ja luo täten turhia riskejä panostamisen onnistumiseen. Tukkoon menneet reiät ovat melko

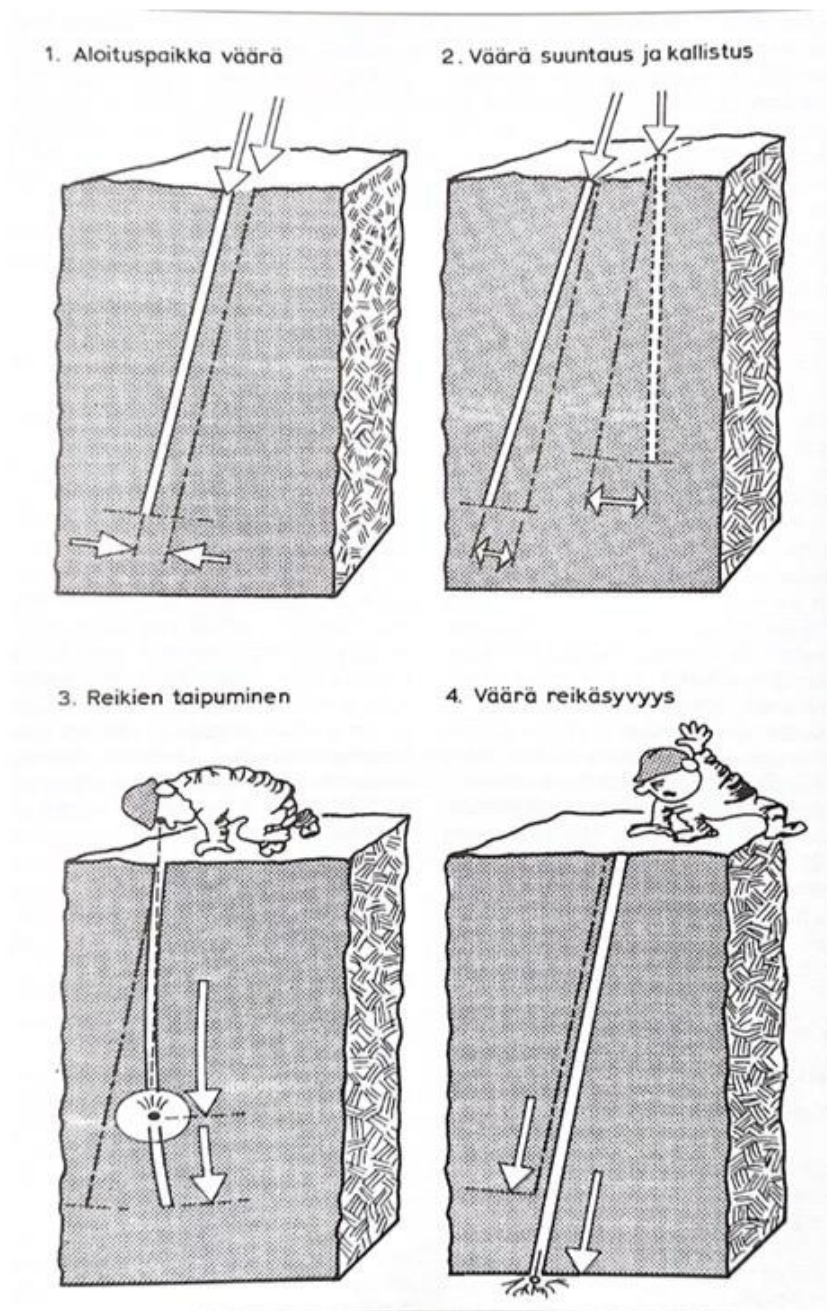
yleinen haaste paikoissa, joissa kallio on rikkonaista. Laadukkaan ja turvallisen lopputuloksen aikaansaamisen edellytyksenä on suorittaa panostus siten, että räjähdettä saadaan reiässä oikeaan asemaan.

Neljäs tyypillinen porausvirhe on reikien eritasoisuus. Mikäli jokin kentän reikä on ohiporattu syvemmäksi kuin muut kentän reiät voi tilanne aiheuttaa kentän arvaamattoman käyttäytymisen. Porarin onkin syytä olla tarkkana kentän reikien tasaisesta laadusta.

Yleisesti porauksen suurimman haasteet ja mahdolliset riskit louhintatyön onnistumiseen liittyvät kallion geologisiin ominaisuuksiin. Tyypillisimpiä haasteita aiheuttavia tekijöitä ovat lustat sekä rikkonainen, rakoileva ja useampi kivilajinen kallio.

Laadukkaan porauksen suorittamisen lähtökohtana luonnollisesti toimivat porarin teknisen suorittamisen taso. Onnistunut poraus vaatii aina porarilta kiinnostuksen sekä oikean asenteen tekemiseen. Kommunikaatio muiden louhintaryhmän jäsenten kanssa on avainasemassa onnistuneeseen louhintatulokseen. Onnistunut poraus mahdollistaa myös onnistuneen räjäytys- sekä kiilaustyön.

Porauksen turvallisuuteen vaikuttavat yleisimmät tekijät liittyvät hankaliin työskentely paikkoihin, kuten ahtaisiin tiloihin sekä kaapelien alituksiin.



Kuva 5. Vuolio & Halonen 2012, 157.

5 Johtopäätökset

Louhintatyö itsesään sen erikoispiirteiden vuoksi sisältää tiettyjä riskejä työnsuorittajalle sekä ympäristölle. Louhintamenetelmien ominaispiirteet sekä rajoitteet luovat haasteita louhintatyön suorittamiseen turvallisesti ja laadukkaasti. Suunnittelun merkitys korostuu kauttalinjan tärkeimpänä tekijänä laadukkaan ja turvallisen louhintatyön suorittamiselle. Koko työprosessin voidaan todeta luovan kausaalisen suhteen, jossa oikea suunnittelu mahdollistaa turvallisen toteutuksen, jonka seurauksena luodaan laadukas louhittu lopputulos.

Asiaan perehtyneiden ammattilaisten sekä laadukkaan kaikki riskitekijät huomioon ottaen perehdytyksen avulla voidaan luoda sellainen ympäristö, jossa louhintatyön laatu vastaa sille asetettuja standardeja (ks. InfraRYL.) sekä työ voidaan toteuttaa turvallisella ja säädösten mukaisella tavalla. (ks. Vna 644/2011.)

Mestarityön tuloksena voidaan todeta louhintamenetelmien riskienhallinnan olevan yhtäältä laissa säädetyn ja käytännön työnsuorittamiseen implementoitujen standardien ohjaama kokonaisuus, jota louhintatyöhön osallistuvien ja sitä suunnittelevien saumaton ja huolellinen toteutus luovat sellaisen prosessin, jonka lopputulos vastaa standardien sekä louhintaa koskevien normistojen vaatimaa laatua ja turvallista toteutusta.

Lähteet

Forcit consulting 2022. <https://forcitexplosives.fi/tuotteet/>. Noudettu: 1.11.2022.

InfraRYL 1700 Kallioleikkaukset, -kaivannot ja tunnelit.

Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö Määrämittausohje.

Laki vaarallisten kemikaalien ja käsittelyn turvallisuudesta (390/2005).

Panostajalaki 423/2016.

Poliisi 2022. <https://poliisi.fi/ilmoita-rajaytystyosta>. Noudettu: 2.11.2022.

RIL 253-2010. Rakentamisen aiheuttamat tärinät. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Räjätys- ja louhintatyön turvallisuusohje 2019. Työturvallisuuskeskus, rakennusalojen työalatoimikunta. Pinomäki, Timo & Vuento, Aimo. (Lyhenne: TTK 2019.)

Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 16.6.2011/644. (Lyhenne: Vna 644/2011.)

Vuolio, Raimo & Halonen, Tommi 2012. Räjätystyöt. Suomen Rakennusmedia Oy. Helsinki. (Lyhenne: Vuolio & Halonen 2012.)

Yle 2022. MOT-ohjelma Kodit, jotka halkesivat. <https://yle.fi/uutiset/3-12659249>. Noudettu 1.11.2022.

Kuvat:

Kuva 1. Louhintatyön räjäytysuunnitelma (Jarmo Petäjä, RTV, 2022.)

Kuva 2 Forcit consulting 2022. <https://forcitexplosives.fi/tuotteet/>. Noudettu: 1.11.2022. Forcit Tuotetieto 24012022_KEMIX_KEMIXA PATRUUNA (1).

Kuva 3 Forcit consulting 2022. <https://forcitexplosives.fi/tuotteet/>. Noudettu: 1.11.2022. Forcit Tuotetieto 23062021_FORDYN.pdf

Kuva 4. Vuolio & Halonen 2012, s 32.

Kuva 5. Vuolio & Halonen 2012, 157.