



Matias Ali-Alha

Vaijerisauhauksen hyödyntäminen infrarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

28.3.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Matias Ali-Alha
Otsikko: Vaijerisahauksen hyödyntäminen infrarakentamisessa
Sivumäärä: 49 sivua + 2 liitettä
Aika: 28.3.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Infrarakentaminen
Ohjaajat: Lehtori Mika Räsänen, Metropolia Ammattikorkeakoulu
Arto Korhonen, Työpäällikkö GRK Infra Oy

Tämän insinööryön tavoitteena oli tutkia vaijerisahauksen hyödyntämistä infrarakentamisessa erityisesti louhintatöissä. Kerättyjen tietojen pohjalta laaditaan opinnäytetyön toimeksiantajayritykselle sisäiseen käyttöön esite. Tavoitteen taustalla oli ajatus siitä, että tietoa lisäämällä edistetään vaijerisahauksen käyttöä yrityksen työmailla ja nostetaan yrityksen olemassa olevan kaluston käyttöastetta.

Työn teoriaosuudessa käsiteltiin louhinnan lupa-asioita ja erilaisia louhintamenetelmiä. Yleisistä louhinta-asioista jatkettiin esittelemään eri vaijerisahaustekniikoita ja työmenetelmän soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Lisäksi selvitettiin vaijerisahauksen vaiheita ja kustannusrakennetta. Taustatiedot kerättiin alaan liittyvästä kirjallisuudesta, opinnäytetyön tilanteen yrityksen materiaalipankista ja ammattilaisten haastatteluista.

Louhintatyömailla vaijerisahausta käytetään pääsääntöisesti louhintatyön tehostamiseksi. Lisäksi vaijerisahauksella voidaan vähentää louhintatyöstä aiheutuvia ympäristöhaittoja, kuten tärinää, melua, pölyä sekä kivien sinkoilua. Vaijerisahalla voidaan suorittaa myös erilaisia purkutöitä materiaalista riippumatta. Infrarakentamisessa tämä tarkoittaa usein massiivisia raudoitettuja betonirakenteita. Vaikka vaijerisahauksen valmistelemissä töissä on useita työvaiheita ja se vie siten aikaa, on vaijerisahaus taloudellisesti perusteltua, kunhan louhintakohte on riittävän suuri. Aivan pienissä louhintakohteissa vaijerisahaukselle ei ole taloudellisia perusteita silloin, kun vaihtoehtoisia menetelmiä voidaan hyödyntää.

Avainsanat: Louhinta, räjähdysaineeton louhinta, vaijerisahaus

Abstract

Author: Ali-Alha Matias
Title: The Use of Wire Sawing in Infrastructure Construction
Number of Pages: 49 pages + 2 appendices
Date: 28 March 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Environmental Construction
Supervisors: Mika Räsänen, Senior Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences
Arto Korhonen, Site Manager, GRK Infra Oy

The goal of this thesis was to study the benefits of using wire sawing in infrastructure construction, especially in excavation work. A leaflet would be produced based on the information collected. The leaflet would be used internally by the company who commissioned the thesis. The motivating idea for the thesis was that by increasing information, the usage of wire sawing at the company's worksites could be enhanced and the utilization rate of the company's existing equipment could be increased.

The theory part of the thesis handles permit matters relating to excavation and different excavation methods. After general excavation matters, the thesis continues by presenting different wire sawing techniques and the suitability of this work method to different worksites. Additionally, the stages and cost structure of wire sawing are explained. The background information was collected from literature related to the field, the material bank of the company who commissioned the thesis and from interviews with professionals.

In excavation sites wire sawing is mainly used in order to increase the efficiency of the excavation work. In addition to this, wire sawing can be used to reduce the environmental damage caused by the excavation work such as vibrations, noise, dust, and catapulting rocks. Different kinds of demolition work can also be done by wire sawing regardless of the material. In infrastructure construction this often means massive iron reinforced concrete structures. Although the preparation work for wire sawing includes several work stages and thus takes time, wire sawing is financially justified as long as the excavation worksite is large enough. For very small excavation worksites, there are no financial reasons for wire sawing if alternative methods can be used.

Keywords: Quarrying and mining, Excavation without explosives, Wire Sawing

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoite ja rajaus	2
1.2	Yritysesittely	2
2	Louhintatyöt rakennetussa ympäristössä	3
2.1	Louhinnan lupa-asiat ja vaatimukset	3
2.1.1	Vastaava työnjohtaja ja erityisalan työnjohtaja	3
2.1.2	Räjäytystyöntekijä	5
2.1.3	Melulupa	7
2.1.4	Tärinämittaukset	7
2.1.5	Kiinteistökatselemukset	8
2.1.6	Ilmoitus räjäytystöistä	8
2.1.7	Louhintatöiden työturvallisuussuunnitelma	9
2.2	Räjäytystyömaasta aiheutuvat vaarat	10
2.3	Asutuskeskuksissa käytetyt louhintamenetelmät	12
2.3.1	Räjähdsaineelliset louhintamenetelmät	12
2.3.2	Räjähdsaineettomat louhintamenetelmät	14
3	Vaijerisahaus	19
3.1	Historia	19
3.2	Ympäristönäkökulmat	20
3.3	Vaijerisahausmenetelmä louhintatöissä	20
3.4	Vaijerisahan käyttö	22
3.5	Sahaustekniikat	23
4	Vaijerisahauksen käyttö infrarakentamisessa	27
4.1	Vaijerisahaus perinteisen avolouhinnan tukena	27
4.2	Vaijerisahaus räjähdysaineettoman louhinnan tukena	29
4.3	Rakenteiden purku	30
4.4	Maanalaiset louhinnat	31
5	Vaijerisahauksen työvaiheet pystysuoran seinän sahauksessa	33

5.1	Suunnittelutyö ja valmistelevat työt	34
5.2	Ohjausreikien poraus	34
5.3	Koneiden asettelu ja vaijerin virittelyt	38
5.4	Sahaus	39
5.5	Sahatun materiaalin käsittely	40
6	Vaijerisahaus GRK Infra Oy:ssa	41
6.1	Yrityksen käytössä oleva kalusto	41
6.2	Vaijerisahauksesta syntyvät kustannukset louhintatöissä	44
7	Tulokset	47
8	Yhteenveto	48
	Lähteet	50

Liitteet

Liite 1: Ilmoitus melua ja tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta.

Liite 2: Ilmoitus räjäytystyöstä.

Lyhenteet ja termit

Infrarakentaminen	Infrarakentamisella tarkoitetaan teollisuusyhteiskunnan toiminnassa tarvittavien teknisten perusrakenteiden eli infrastruktuurin rakentamista, jossa tarvitaan monenlaista rakennustekniikkaa.
Injektointi	Injektointi on nestemäisen kovettuvan aineen, kuten uretaanin, sementin tai epoksin pumppaamista kalliioon, maahan tai betonirakenteiden sisään. Tämän tarkoitus on lujittaa kohdetta sekä tiivistää kohde.
Louhintatyö	Kallion tai mineraalien irrotusta oheistöineen räjäyttämällä tai käyttämällä jotakin räjähdysainetonta louhintamenetelmää.
Kami	Kalliosta irrotettu yhtenäinen kappale.
Rakennuskiviteollisuus	Rakentamiseen tarvittavan kiviaineksen jalostamista.
Rikkoräjäytys	Rikkoräjäytys on ylisuurten lohcareiden tai kivien pienentämistä räjähdysaineilla.
Rusnaus	Rusnaus tarkoittaa kalliotilan seinissä tai katossa löyhästi olevien lohcareiden irrottamista.

1 Johdanto

Kaupunkiympäristössä asutus ja monet muut toiminnot keskittyvät jatkossa entistä lähemmäs toisiaan. Rakentamisen näkökulmasta helpoimmat alueet on jo rakennettu. Jäljellä ovat vain kallioiset, pehmeät ja muutoin haastavat rakennuspaikat lähellä jo olemassa olevia rakennuksia ja infrastruktuuria. Myös valtava määrä yhdyskunnan perusinfraa on tulossa peruskorjauksiin. Monet uudisrakennus-, saneeraus- ja perusparannuskohteet edellyttävät louhintatöitä. Louhinta näissä kohteissa ei perinteisin menetelmin ole aina mahdollista tärinän sekä muun ympäristönsuojelun takia. Rakennetussa ympäristössä rakentaminen asettaa haasteita sekä erilaisia rajoitteita, joten vaihtoehtoisia työtapoja on hyödynnettävä. Yksi hyvä, tähän asti liian vähän käytetty vaihtoehto infrarakentamisessa on vaijerisahaus, joka yhdessä muiden louhintamenetelmien kanssa mahdollistaa louhintatyön haastavimmissakin rakennuskohteissa. Vaijerisahaus on työmenetelmä, jossa halutun irrotus- tai katkaisukohteen ympärille pujotetaan vaijeri, jota pyöritetään kohteen ympärillä [1, s. 72].

Tulevaisuudessa rakennushankkeissa on otettava huomioon yhä suurempi määrä erilaisia näkökulmia, kuten ilmastonmuutos, turvallisuus sekä häiriöttömyys. Infra-alan toimintaympäristö muuttuu jatkuvasti ja tulevaisuus tuo tullessaan uudentyyppisiä haasteita, kun rakentaminen sijoittuu entistä enemmän rakennettuun kaupunkiympäristöön. Toimintaa on kehitettävä jatkuvasti ja on kehitettävä uusia ratkaisuja ennakkoluulottomasti.

Vaijerisahaukseen liittyy turhia ennakkoluuloja, jotka ovat tähän asti hidastaneet sen hyödyntämistä täysmääräisesti. Tässä työssä näitä käsityksiä halutaan tarkastella ja tutkia kokoamalla yhteen tietoa vaijerisahauksesta. Työn toisessa luvussa paneudutaan louhintatöihin rakennetussa ympäristössä lupa- ja vaatimusasioiden, louhintamenetelmien, häiriöiden sekä räjähdysaineettomien louhintamenetelmien näkökulmista. Kolmas ja neljäs luku käsittelevät vaijerisahausta, sen eri tekniikoita sekä käyttökohteita, joihin se soveltuu. Viidennessä

luvussa pystysuoran seinän sahaus käydään työvaihekohtaisesti läpi. Kuudennessa luvussa esitellään vaijerisahausta kaluston ja kustannusrakenteen näkökulmista opinnäytetyön toimeksiantaja GRK Infra Oy:ssa. Seitsemännessä luvussa kootaan yhteen selvitystyön tuloksia.

1.1 Työn tavoite ja rajaus

Opinnäytteeseen kerättyjen tietojen on tarkoitus toimia pohjana yrityksen käyttöön tehtävälle esitteelle. Työssä keskitytään erityisesti selvittämään vaijerisahausten toimintaperiaatetta, sen soveltuvuutta eri käyttökohteisiin sekä työstä aiheutuvia kustannuksia. Tavoitteen taustalla on ajatus siitä, että tietoa lisäämällä edistetään vaijerisahausten käyttöä GRK Infra Oy:n työmailla ja nostetaan yrityksen olemassa olevan kaluston käyttöastetta.

Työssä käytettävät taustatiedot kerätään alaan liittyvästä kirjallisuudesta, GRK Infra Oy:n materiaalipankista sekä alan ammattilaisten haastatteluilla.

1.2 Yritysesittely

Opinnäyte tehdään GRK Infra Oy:n toimeksiannosta. GRK Infra Oy on osa GRK-konsernia, joka on yksi Suomen johtavista infrarakentamiseen keskittyneistä yrityksistä. GRK Infra Oy tunnetaan vaativien taitorakenteiden toteuttajana sekä innovatiivisena urakoitsijana. Liiketoimintaa harjoitetaan Suomen lisäksi myös Ruotsissa ja Virossa. Opinnäytetyön laatimishetkellä yritys työllistää lähes 900 ammattilaista. Konsernin liikevaihto vuonna 2020 oli yli 400 miljoonaa euroa. Suurimmat asiakkaat ovat valtionhallinto, kaupungit ja kunnat sekä yksityinen sektori.

2 Louhintatyöt rakennetussa ympäristössä

Rakentamista ohjataan yhä enemmän kaupunkialueille kasvavien energiakustannusten sekä liikennejärjestelyjen takia. Tällä hetkellä painopisteenä on erityisesti pehmeät ja kallioiset alueet. Näille alueille rakentaminen ei ole ollut aikaisemmin taloudellisesti kannattavaa. Viimeisen vuosikymmenen aikana kaikki kaupunkien liepeillä olevat alueet ovat kuitenkin kelvanneet rakennusmaaksi, jos ne ovat olleet kaavoituksen ja muiden reunaehtojen kannalta suinkin mahdollisia. Rakennetussa kaupunkiympäristössä lisä- ja saneerausrakentaminen on hyvin haasteellista kasvaneiden ympäristösuojeluväitteiden mm. pölyn, melun ja värinän vuoksi. Tämän takia erityisesti kunnallistekniikkaa sekä erilaisia liikennejärjestelyitä sijoitetaan kallioiloihin, mikä edellyttää louhintatöitä.

2.1 Louhinnan lupa-asiat ja vaatimukset

Kaupunkiympäristössä rakentamiseen tarvitaan monenlaisia lupia. Luvat perustuvat rakentamista ohjaaviin normeihin. Joillakin luvilla halutaan varmistaa henkilöstön pätevyys, esimerkiksi vastaavan työnjohtajan nimeäminen. Osa luvista puolestaan liittyy teknisten ratkaisujen toteuttamiseen ja niiden suunnitteluun. [2, s. 289 ja 341.]

2.1.1 Vastaava työnjohtaja ja erityisalan työnjohtaja

Kaikissa rakennuslupaa edellyttävissä rakennustöissä on aina oltava rakennustöitä johtava vastaava työnjohtaja. Vastaava työnjohtaja huolehtii rakentamista koskevien säädösten ja määräysten noudattamisesta sekä myönnettyjen lupaehtojen ja hyvän rakennustavan mukaisesta työn suorittamisesta. Ennen kaikkea hän kuitenkin johtaa rakennustyötä. [3.]

Rakennusvalvontaviranomainen voi rakennusluvassa, aloituskokouksessa tai rakennustyön aikana muuttuneiden tarpeiden takia vaatia, että rakennustyössä on oltava myös muiden erikoisalojen työnjohtajia. Erikoisalojen työnjohtajia voi-

daan vaatia silloin, kun rakennuslupaa edellyttävä työ tai jokin sen osa on vaativaa. Louhintatyöt kuuluvat näihin erityisaloihin ja vaativat oman työnjohtajan.

[3.]

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (41/2014) 17. luvun 122c. §:ssä on määritelty työnjohtajan ja erityisalan työnjohtajan kelpoisuusvaatimukset seuraavasti:

1) vaativassa työnjohtotehtävässä kyseiseen tehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto, aiempi ammatillisen korkea-asteen tutkinto tai sitä vastaava tutkinto taikka aiempi tekniikan tai sitä vastaava tutkinto; lisäksi hänellä tulee rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen olla riittävä kokemus ja perehtyneisyys kyseisen alan työnjohtotehtävissä;

2) tavanomaisessa työnjohtotehtävässä kyseiseen tehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu ammattikorkeakoulututkinto tai aiempi ammatillisen korkea-asteen tutkinto tai sitä vastaava tutkinto taikka aiempi tekniikan tai sitä vastaava tutkinto taikka muuten osoitetut vastaavat tiedot; lisäksi hänellä tulee rakennuskohteen laatu ja tehtävän vaativuus huomioon ottaen olla riittävä kokemus rakennusalalla;

3) vähäisessä työnjohtotehtävässä voi toimia henkilö, jolla ei ole edellä tarkoitettua tutkintoa, mutta jolla muutoin voidaan katsoa olevan tehtävään tarvittavat edellytykset.

Poikkeuksellisen vaativassa työnjohtotehtävässä työnjohtajan kelpoisuusvaatimuksena on kyseiseen tehtävään soveltuva, rakentamisen tai tekniikan alalla suoritettu korkeakoulututkinto tai aiempi sitä vastaava tutkinto sekä lisäksi riittävä kokemus ja hyvä perehtyneisyys kyseisen alan vaativista työnjohtotehtävistä. [3.]

Työnjohtajan kelpoisuusvaatimuksissa korostuu siis tutkinnon lisäksi riittävä kokemus rakennusalalta, kun taas erityisalan työnjohtajan kelpoisuus edellyttää tutkinnon lisäksi kokemusta ja perehtyneisyyttä kyseisen alan työnjohtotehtävistä [3].

Valtioneuvoston asetuksessa räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta (484/2016) 3. luvun 8. §:ssä on määrätty räjäytystyönjohtajasta seuraavasti:

Räjäytystyötä johtaa ja valvoo työpaikalla räjäytystyön johtaja. Räjäytystyötä ei saa aloittaa ennen kuin räjäytystyön johtaja on nimetty. Räjäytystyön johtajan nimi on ilmoitettava työmaan työntekijöille ja pidettävä työmaalla nähtävillä.

Räjäytystyön johtaja hyväksyy räjäytys suunnitelman ja siihen tehtävät muutokset sekä huolehtii suunnitelman toteuttamisesta.

Asutulla alueella muualla kuin kaivoksessa toimivalla räjäytystyön johtajalla on oltava räjäytystyön vastuuhenkilön pätevyyskirja. Muussa räjäytystyössä räjäytystyön johtajalla on oltava vanhemman panostajan pätevyyskirja.

Sen estämättä, mitä 3 momentissa säädetään, 7 §:n 3 momentissa tarkoitetussa räjäytystyössä saa räjäytystyön johtajana toimia henkilö, jolla on vähintään nuoremman panostajan pätevyyskirja. [4.]

Asutulla alueella räjäytystyönjohtajan kelpoisuusvaatimus on räjäytystyönjohtajan vastuuhenkilön pätevyyskirja, kun taas muussa räjäytystyössä edellytetään vanhemman panostajan pätevyyskirjaa [4].

2.1.2 Räjäytystyöntekijä

Valtioneuvoston asetuksessa räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta (644/2011) 3. luvun 7. §:ssä on määrätty räjäytystyöntekijästä ja vastuuhenkilöstä seuraavasti:

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.

Se, jolla on vanhemman panostajan pätevyyskirja, saa käyttää räjähteitä asutulla alueella muualla kuin kaivoksessa enintään 500 kilogrammaa vuorokaudessa ja enintään 10 kilogrammaa panostilassa.

Se, jolla on nuoremman panostajan tai räjäytystyön vastuuhenkilön pätevyyskirja, saa pätevyyskirjan osoittamissa töissä käyttää räjähteitä enintään 25 kilogrammaa vuorokaudessa ja enintään kilon panostilassa. Asutulla alueella nuorempi panostaja ja räjäytystyön vastuuhenkilö saavat kerrallaan räjäyttää vain yhden panoksen, jossa räjähdysainemäärä ei saa ylittää kuvan 1 määriä. [4.]

Vanhempi panostaja saa käytännössä asutulla alueella käyttää räjähteitä enintään 500 kilogrammaa vuorokaudessa ja enintään 10 kilogrammaa panostilassa. Nuorempi panostaja saa käyttää räjähteitä enintään 25 kilogrammaa vuorokaudessa sekä enintään kilon panostilassa ja yhden panoksen kerrallaan. Kuvassa 1 havainnollistetaan nuoremman panostajan osalta sitä, miten yhtenä panoksena räjäytettävän räjähdemäärän kasvaessa kasvaa myös vaatimus siitä, kuinka pitkä etäisyys pitää jättää asutuista rakennuksista tai paikoista, joissa ihmisiä tavallisesti oleskelee. [4.]

Yhtenä panoksena räjäytettävä räjähdemäärä kilogrammoina	Etäisyys metreinä asutusta rakennuksesta tai paikasta, jossa ihmisiä tavallisesti oleskelee
0,06	10
0,12	20
0,25	40
0,50	80
1,0	160

Kuva 1. Nuoremman panostajan ja räjäytystyön vastuuhenkilön rajoitukset. [4]

2.1.3 Melulupa

Urakoitsijan on tehtävä kunnan ympäristönsuojeluviranomaiselle kirjallinen ilmoitus melua aiheuttavasta toiminnasta viimeistään 30 vuorokautta ennen töiden aloittamista [5]. Liitteen 1 mukaisesta ilmoituksesta on käytävä ilmi seuraavat asiat:

- Ilmoitusvelvollinen
- Aiheutumipaikka
- Toiminta/toiminnan kesto
- Melupäästöt
- Melun ja värinän leviäminen
- Melun ja värinän torjunta ja seuranta.

2.1.4 Värinämittaukset

Asutuskeskuksissa sekä teollisuusalueilla louhittaessa käytetään lähes poikkeuksetta värinämittausta värinän suuruuden toteamiseksi, värinän vahingollisuuden arvioimiseksi sekä louhinnasta aiheutuvien rakenne- ja laitevaurioiden minimoimiseksi. Mittauksen avulla varmistetaan, että räjäytystärinän voimakkuus pysyy rakennuttajan ja suunnittelijan antamien ohjearvojen alapuolella. Toisaalta mittausten avulla urakoitsija voi varmistaa, että louhintaa ei tehdä liian varovaisesti, jolloin louhintatyön kustannukset voivat nousta huomattavasti. [2, s. 319.]

2.1.5 Kiinteistökatselmukset

Ennen räjäytys- ja louhintatöiden aloittamista lähiympäristössä tehdään rakennuskatselmukset. Katselmuksen suorittaa ulkopuolinen konsultti. Katselmuksen laajuus riippuu louhintakohteen suuruudesta ja sijainnista. Usein se ulottuu satojen metrien etäisyydelle louhintakohteesta. Rakennuskatselmuksen avulla selvitetään katselmoitavan kohteen kunto ennen räjäytystöiden aloittamista. Räjäytystöiden päätyttyä tehdään loppukatselmus, jossa selvitetään työn aikana mahdollisesti syntyneet vauriot. Katselmuksien avulla voidaan väitettyjen vaurioiden korvauskysymykset hoitaa oikeudenmukaisesti. Kiinteistökatselmuksista tehdään pöytäkirja sekä katselmoitavat kohteet videoidaan tai piirretään. Katselmuksen pöytäkirjat on säilytettävä 10 vuotta. [2, s. 317–318.]

2.1.6 Ilmoitus räjäytystöistä

Louhintatöistä on aina ilmoitettava poliisille vähintään 7 vuorokautta ennen louhintatöiden aloittamista. Ilmoituksen voi tehdä verkossa tai käymällä poliisi-asemalla. [6.] Liitteen 2 mukaisesta ilmoituksesta on käytävä ilmi seuraavat asiat:

- Räjäytystyömaan sijainti
- Työmaan arvioitu kesto aika
- Käytettävien räjähteiden lajit
- Räjäytystyönjohtajan tiedot
- Räjähteiden säilytys- ja varastointipaikat sekä niiden kuljetukset.

Ilmoituksen perusteella poliisi voi rajoittaa aiottua räjähdysaineiden käyttöä tai määrätä lisävarotoimenpiteitä. Poliisi voi myös kieltää räjähdysaineiden käyttämisen, jos räjäytystyöstä on ilmeistä vaaraa ihmisille, ympäristölle tai omaisuudelle. [6.]

2.1.7 Louhintatöiden työturvallisuussuunnitelma

Valtioneuvoston asetuksessa räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta (644/2011) 2. luvun 3. ja 4. §:ssä on määritelty työturvallisuussuunnitelma sekä sen toteuttaminen ja seuranta. Asetuksessa määrätään työturvallisuussuunnitelmasta seuraavaa:

Työnantajan on räjäytys- ja louhintatyötä varten tehtävä työturvallisuussuullain (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:

- työkohde, kohteen maa- ja kallioperä ja muut geotekniset ominaisuudet;
- työpaikan ja työvaiheiden sähköistys, valaistus, yhteydenpito, louhintamenetelmä ja tila- ja muut tekniset ratkaisut;
- kulkuväylät, poistumisreitit ja suojapaikat;
- työvälineiden valinta, käyttö ja kunnossapito;
- turvalliset työtavat;
- käytettävät räjähteet ja terveydelle vaaralliset aineet sekä niiden säilytys;
- hätätilanteista pelastautuminen ja pelastautumislaitteen tarve; sekä
- muut räjäytys- ja louhintatyön terveyteen ja turvallisuuteen vaikuttavat tekijät. [7.]

Asetuksessa määrätään turvallisuussuunnitelman toteuttamisesta ja seurannasta seuraavaa:

Turvallisuussuunnitelma ja siihen sisältyvät ohjeet on tehtävä ymmärrettävässä muodossa ja käsiteltävä asianomaisten työntekijöiden kanssa. Ohjeiden tulee olla niiden työntekijöiden saatavilla ja ymmärrettävissä, joita asia koskee. Työnantajan on ennen uuden työn tai työvaiheen alkua varmistettava, että työntekijä osaa noudattaa ohjeita.

Turvallisuussuunnitelman toteutumista tulee jatkuvasti seurata ja arvioida. Suunnitelma on pidettävä ajan tasalla.

Erytistä tapaturman tai sairastumisen vaaraa aiheuttavaa työtä tai työvaihetta ei saa aloittaa ennen asianomaisen työnjohdon antamaa nimenomaista työmääräystä, jossa määritellään työn edellyttämät turvallisuustoimenpiteet. [7.]

2.2 Räjätystyömaasta aiheutuvat vaarat

Yleensä ihmiset suhtautuvat tehtäviin louhintatöihin ymmärtäväisesti, mikäli enakkoinformointi, riskianalyysi, talokatselmus, värinämittaukset, varovaiset räjäytystavat ja avolouhintakenttien huolellinen peittäminen on tehty asianmukaisesti [2, s 298]. Joka tapauksessa louhintatöihin liittyy erilaisia vaaroja. Louhintatöistä aiheutuvia yleisiä vaaroja ja haittoja ovat heitot ja sinkoutuminen, ilmanpaineaalto, värinä, pöly ja melu.

Heitto ja sinkoutuminen

Ihmiselle suurin louhintatöistä aiheutuva vaaratekijä on kivien sinkoilu. Porausvirheiden takia kivien sinkoilu saattaa ulottua satojen metrien etäisyydelle. Kallion räjäytyksessä kivien sinkoilua voidaan estää oikealla ominaispanostuksella, sytytysjärjestyksellä, lyhyillä nallien syttymisväleillä, porareikien oikealla panostuksella sekä huolellisella peittämisellä. [8, s. 159.]

Ilmanpaineaalto

Ilmanpaineaalto on ilmanpaineen aiheuttama vaara, josta seuraa lähinnä ikkunoiden särkymistä. Pintapanosten räjäyttäminen on rajoitettava välttämättömiin tapauksiin paineaallon vaikutusten välttämiseksi. [8, s. 161.]

Tärinä

Louhintaräjäytys synnyttää kallioon jännitysaaltoja, jotka saavat kiven irtoamaan. Räjäytys synnyttää väliaineen hiukkasissa siirtymistä eli tärinää. Räjäytyskohteen ympäristössä olevat rakennukset ja herkäät laitteet voivat vaurioitua sekä ihmiset ympärillä häiriintyä tärinän seurauksena. Tärinästä johtuva vaurioituminen rakenteissa voi johtua venymästä, repeämästä tai taipumisesta. [2, s. 298–302.]

Rakenteisiin tai herkkiin laitteisiin kohdistuvaa tärinää voidaan vähentää poraamalla railo tai vaijerisahaamalla rako louhittavan kohteen ja rakennuksen välille. Raon on oltava yhtenäinen ja täysin puhdas sekä sen täytyy ulottua louhintasyvyyden alapuolelle. Mikäli louhinnasta aiheutuva tärinä välittyy edellä mainitusta toimenpiteestä huolimatta, tulee herkäät laitteet joko siirtää, pysäyttää ja sulkea tai eristää ympäristöstään kohteeseen sopivilla vaimentimilla. [2, s. 314.]

Pääasiassa tärinämittaus tapahtuu kantavasta rakenteesta mahdollisimman läheltä perustuksia, joihin mittauslaitteet on kiinnitetty. Suureiden huippuarvoja mitataan pitkittäiseen, poikittaiseen ja pystysuuntaan. Mittaustulokset tallentuvat ja siirtyvät kaukovalvontajärjestelmien avulla reaaliajassa, jolloin mittaustuloksia voidaan analysoida jo louhintatyön aikana. [8, s. 163–180.]

Pöly

Erityisesti poraus ja louheen kuormaus aiheuttavat jatkuvaa pölyä. Porauksesta syntyvää pölyä vähennetään pölynerottimilla sekä kastelulla. Louheen kuormauksesta aiheutuvaa pölyä voidaan myös hillitä kastelemalla louhetta. [9, s. 235–249.]

Melu

Räjätystyömaasta syntyvän lyhytaikaisen melun mittauksessa ei voida hyödyntää yleisiä desibeliraja-arvoja. Mittauskokemusten perusteella sovellettaessa raja-arvoja on kaupunkiympäristössä tehtävät louhintatyöt osoittautuneet mahdolltomiksi. Pitkäaikainen melu, joka syntyy louhintatyömaalla, on yleensä peräisin porauskalustosta. Melua voidaan hillitä vaimentamalla tai eristämällä äänilähde, välttämällä heijastuksia sekä suojaamalla työalueen välittömässä läheisyydessä olevat ihmiset esimerkiksi kuulonsuojaimilla. [2, s. 340–341.]

Kallion poraaminen synnyttää myös runkomelua, joka etenee rakennuksen perustuksiin ja runkorakenteisiin. Runkomelusta aiheutuva häiriö vähenee rakenteissa siirryttäessä maanalaisista tiloista ylärakenteisiin. [2, s. 340–341.]

2.3 Asutuskeskuksissa käytetyt louhintamenetelmät

Louhintaa tehdään räjähdysaineilla tai räjähdysaineettomasti. Seuraavissa alaluvuissa esitellään molempien tyypillisimpiä menetelmiä.

2.3.1 Räjähdysaineelliset louhintamenetelmät

Kun tehdään räjäytyslouhintoja asutuskeskuksissa, tyypillisimpiä menetelmiä ovat penger-, kanaali-, tasaus-, tarkkuus- ja tunnelilouhinta. Louhintaräjäytyksiä tehtäessä asuin- ja työympäristöille asetetaan yhä suurempia vaateita häiriöttömyydestä ja viihtyvyydestä. Louhinta räjähdysaineilla edellyttää näissä olosuh-

teissa käyttämään patruunoitua räjähdysainetta tai vastaavan turvallisuuden taakavaa menetelmää. Kentät on myös peitettävä tai muulla luotettavalla tavalla varmistettava sinkoiluvaaran poistamiseksi. [2, s. 341.]

Pengerloughinta

Tavanomaisin kallion räjäytystyötapana on pengerialouhinta. Useimmiten se toteutetaan käyttäen pystyreikiä tai pystysuunnassa hieman kallistettuja reikiä. Räjäytettävässä kentässä on yksi tai useampi rivi reikiä. [2, s. 125.]

Kanaalilouhinta

Kanaalilouhinta poikkeaa suuresti pengerialouhinnasta. Kanaalilouhinnassa on tyypillistä kapeat ja syvät kentät, joissa purkautumistie on ahdas sekä kallion vastajännitys on suuri. Tämän takia kanaalilouhinnassa on käytettävä suurta ominaispanostusta. Koska ominaispanostus on suuri, täytyy myös porauksen olla tiheä. Reikien oikea kallistus on tärkeää, sillä oikein poratut reiät vähentävät jännitystä pohjalla, jolloin kallion irtileikkautuminen ja paisuminen helpottuvat varsinkin syvissä kanaaleissa. Reikien oikea kallistuskulma on noin 3:1. [8, s. 127.]

Tasaulouhinta

Tasaulouhinnalla tarkoitetaan sellaista matalien penkereiden louhinta, jossa pengerialouhinta on pienempi kuin kaksi kertaa maksimietu. Tasaulouhinnassa reikiä porataan paljon. Nallien sekä räjähdysaineiden määrä on myös suhteessa suurta verrattaessa pengerialouhinnassa irrotettavaan kiviainekseen. [8, s.121.]

Tarkkuuslouhinta

Tarkkuuslouhinnassa pyritään tarkkuusvaatimukseen sallittujen poikkeamien eli toleranssien avulla. Päällimmäinen tavoite on saada jäljelle jäävän kallion pinnat mahdollisimman sileiksi ilman rakoilua, minkä takia alueen reunoille porataan reikiä tiheämpään sekä käytetään erityisratkaisuja panostuksessa. Toisinaan

suunnitelmissa on erittäin tiukkoja toleranssivaatimuksia, kuten pieniä, kapeita uria ja kulmia louhittaessa. Niiden tarkka louhinta kallioon on kallista, vaikeaa ja toisinaan jopa mahdotonta. [2, s. 261.]

Tarkkuuslouhintaa voidaan tehdä kahdella eri tekniikalla. Jälkilouhinnassa varsinainen kenttä louhitaan ensin pois ja jäljelle jää kapea kannas. Tämän jälkeen räjäytetään kannas pois tarkkuuslouhintana. Raonräjäytystekniikassa reiät porataan tulevalle tarkkuuslouhintalinjalle ennen muuta kenttää ja räjäytetään. Kallioon muodostuu tällöin rakolinja ja kivi irtoaa muun louhinnan yhteydessä rakoa myöden. [9, s. 226.]

Maanalainen louhinta

Maanalainen louhinta eroaa avolouhinnasta siten, että irrotettavalla kiviaineksella on räjäytystöitä aloitettaessa vain yksi purkautumissuunta sekä kiinteä kalliokatto. Tunnelilouhinnassa katkon louhinta edellyttää poraus- ja sytytysjärjestyksen suunnittelua ja toteutusta siten, että ensimmäiseksi räjäytettävät keskellä olevat reiät irrottavat halutun määrän kiveä, jolloin leikkauksen reunoilta irrotettava kiviaines mahtuu purkautumaan. Poraus-räjäytysmenetelmä soveltuu käytettäväksi hyvin erilaisiin kallio-olosuhteisiin. Tunnelilouhinnassa työt jaksottuvat poraukseen, panostukseen, räjäytykseen, tuuletukseen, kuormaukseen sekä louheen kuljetukseen ja vastaanottoon. Tämän jälkeen kalliopinnoille on tehtävä tarvittavat rusnaus-, lujitus- ja injektointityöt, jonka jälkeen sama kaavaa toistetaan. [2, s. 213–215.]

2.3.2 Räjähdsaineettomat louhintamenetelmät

Tyypillisimpiä räjähdysaineettomia louhintamenetelmiä ovat hydrauliset iskuvasarat ja kivenhalkaisulaitteet, etanadynamiitti, irtiporaus, TBM-profiiliporaukset ja vaijerisahaus. Räjähdsaineettoman louhintamenetelmän valinnassa tulee louhittavaan kohteeseen paneutua huolella, sillä kaikki menetelmät eivät tuota haluttua lopputulosta. Valintaan vaikuttavat oleellisesti myös maastonmuodot,

rikottava materiaali ja käytössä oleva työaika. Halutun lopputuloksen saavuttamiseksi on yleistä käyttää useampaa räjähdysaineetonta menetelmää samassa louhintakohteessa. Räjähdysaineettomat menetelmät eivät edellytä erillisiä katselmuksia tai värinämittauksia. Menetelmien käyttöön ei myöskään vaadita räjäytystyönjohtajaa. Yksikään räjähdysaineeton louhintamenetelmä ei ole tarpeeksi tehokas haastamaan perinteistä louhintaräjätystä avolouhinnassa lukuun ottamatta tiettyjä olosuhteita. Rakennetussa ympäristössä perinteinen louhintaräjätys ei kuitenkaan aina ole mahdollista. [2, s. 413 &10.]

Hydrauliset iskuvasarat

Hydrauliset iskuvasarat ovat työkoneisiin kiinnitettäviä lisälaitteita. Niissä on edestakaisin liikkuva mäntä, joka iskee paikallaan olevaan terään. Iskuvasaran suorituskykyä ilmaistaan tavallisesti iskuenergian avulla. Iskumännän liike-energiaa hetkellä, jolloin mäntä kohtaa terän pään, kutsutaan iskuenergiaksi. Käyttökokemuksien perusteella vasaran iskuenergian tulee olla yli 2000 joulea. Pääsääntöisesti iskuvasarat ovat kaivinkoneiden lisälaitteita. Peruskoneen paino tulee olla riittävä iskukoneen sekä kiven käsittelyyn. Kallion louhinta varsinkin pehmeillä kivilajeilla, betonirakenteiden purku sekä roudan rikotus onnistuvat hydraulisilla iskukoneilla. Iskukoneita käytetään myös teoreettisen rajan yli menevän kalliopinnan (kynsien) poistossa. Kuvassa 2 iskuvasaralla rikotaan kallion kohoumaa, jotta putkikaivantoon saadaan riittävä leikkaustaso. Ylisuurten lohokareiden rikotuksessa hydrauliset iskuvasarat ovat syrjäyttäneet perinteisen rikokoräjätysmenetelmän. Mekaanisessa kiven irrotuksessa tai pienentämisessä tulee huomioida ympäristö, sillä kiviä voi lentää kauaskin. [2, s. 413–414.]



Kuva 2. Kalliokohouman tasaaminen iskuvasaralla putkikaivannossa

Hydrauliset kivenhalkaisulaitteet

Hydraulinen kivenhalkaisulaite toimii sähkö-, ilma-, bensiini- tai dieselkäyttöisellä pumpulla, jossa paine ohjataan venttiilien kautta halkaisusylinterille. Pienemmät käsikäyttöiset kiilauslaitteet saavat voimansa erillisestä voimayksiköstä. Raskaammat kivenhalkaisulaitteet, joita operoidaan kaivinkoneella, saavat voimansa peruskoneesta. Kiilattavaan kohteeseen on porattava reikä, johon

kiila asetetaan. Hydraulisylinterin päähän kiinnitetty kiila puristuu kahden kiilakengän väliin, jolloin kengät puristuvat erilleen ja aiheuttavat halkaisuvoiman. [2, s. 414.]

Halkaisusylinteriin on olemassa erilaisia kiiloja, joista valitaan sopivin rikottavan materiaalin mukaan. Terävä kiilakulma sopii käytettäväksi kovassa kivessä, kun taas terävän kulman avulla saadaan aikaiseksi suhteellisen pieni laajenema mutta suuri halkaisuvoima. Tylppä kiilakulma on tarkoitettu käytettäväksi pehmeämmässä kivilajeissa ja betonissa. Tylppä kulma saa aikaiseksi suuremman laajeneman mutta halkaisuvoima on kuitenkin pienempi. [2, s. 414.]

Hydraulisilla kivenhalkaisulaitteilla pystytään toteuttamaan erittäin tarkkoja louhintatöitä. Louhintatyöt voidaan suorittaa ympäristöä vaurioittamatta ja ilman tärinöitä. Hydraulisia kiilauslaitteita käytetään rakennuskohteissa sekä kivilouhimoilla. [2, s. 414.]

Etanadynamiitti

Paisuva sementti eli etanadynamiitti soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa räjäyttäminen ei ole turvallisuussyistä mahdollista. Etanadynamiitti sopii kivien, kallion sekä betonin murtamiseen. Aine sekoitetaan käyttökohteessa valmistajan ohjeiden mukaisesti kylmään veteen. Seos on kaadettava kymmenen minuutin sisällä porausreikiin, joiden halkaisija on 30–50 mm. Porausreiät täytetään ääriään myöten. Kovaa kiveä rikottaessa etanadynamiitin ominaispanostus on 20-kertainen perinteiseen räjäytyslouhintaan verrattuna. Etanadynamiitin käyttö vaatii kohteeseen tiheän rei'ityksen. Huomattavasti kalliimpana tekniikkana se ei ole pystynyt syrjäyttämään poraus-räjäytystekniikkaa vaikeissakaan louhintakohteissa. Satunnaiselle käyttäjälle, jolla ei ole panostajan pätevyyttä, etanadynamiitti mahdollistaa kiven rikotuksen, jos kuutiomäärä on pieni. [2, s. 415–416.]

Irtiporaus

Irtiporaus eli rillonporaus on tarvekilouhimoilla yleisesti käytetty menetelmä, jota käytetään myös infrarakentamisessa. Irtiporaus on nimensä mukaisesti menetelmä, jossa kalliosta poraamalla irrotetaan louhittava kallion osa. Irtiporauksen ansiosta jäljelle jäävä kalliopinta on ehjää. Työmailla irtiporauksella voidaan vähentää tehokkaasti louhintaräjähdyksissä syntyvien tärinöiden siirtymistä lähistöllä oleviin rakennuksiin sekä muihin tärinäherkkiin kohteisiin. [2, s. 378 & 11, s. 18–19.]

TBM-profiiliporaukset

TBM-laitteistolla pystytään poraamaan nykytekniikalla kovienkin maa- ja kivikerrostumien läpi. Pehmeiden kivilajien alueella iso osa tunnelilouhinnoista tehdään täysprofiiliporauksella. Menetelmää pystytään hyödyntämään tunnelien sekä kuilujen ja nousujen tekoon. Menetelmällä saadaan aikaiseksi pyöreä profiili sekä ehjät ja sileät pinnat huonossakin kivessä. [2, s. 417–418.]

Tunnelin porausta voidaan tehdä kahdella eri menetelmällä riippuen maaperäolosuhteista sekä käyttötarkoituksesta. Pehmeille maalajeille tarkoitettu suljettu menetelmä tukee poratun seinäprofiilin betonielementeillä tai -putkilla porauslaitteiston takaosassa. Kovassa kivessä tunneleita voidaan porata ilman betonivaippaa, jolloin porattu tunneli jää kivipinnalle. Tarpeen mukaan kivipinta lujitetaan ruiskuttamalla, verkottamalla sekä pulttaamalla. [12.]

Timanttileikkaus

Vaijerisahaus on timanttisahaus- ja -leikkaustekniikoista yleisimmin käytetty menetelmä louhintatöissä. Vaijerisahaus on yleistä rakennuskiviteollisuudessa ja sitä hyödynnetään nykyään myös infrarakentamiskohteissa eri tarkoituksiin, mikä on avannut täysin uusia mahdollisuuksia. Sahauksessa käytettävä timanttivaijeri sahaa mitä tahansa timanttia heikompaa materiaalia, joten tekniikkaa voidaan soveltaa hyvinkin erilaisiin käyttökohteisiin. Vaijerisahaus yleistyy te-

hokkaana, taloudellisena sekä ympäristöystävällisenä työmenetelmänä. Vaijerisahausta on myös maailmalla nopeasti kehittyvä työmenetelmä. [13, s. 18–20.] Seuraavissa osioissa esitellään tarkemmin vaijerisahausta.

3 Vaijerisahausta

Tässä luvussa keskitytään vaijerisahausmenetelmiin louhintatöissä, vaijerisahausta tekniikoihin ja vaijerisahan käyttöön. Lisäksi esitellään vaijerisahausta historiaa ja sahausta liittyviä ympäristönäkökulmia.

3.1 Historia

Timanttityökalujen alkutaival juontaa juurensa Ranskaan, jossa vuonna 1885 kehitettiin ensimmäinen timanttipyöröterä. Tarve timanttipyöröterälle syntyi kiven jalostuksessa, jotta saataisiin haluttu muoto aikaiseksi. Luonnontimanttien käyttö hidasti timanttityökalujen yleistymistä. Synteettisten timanttien valmistus 1950-luvulla vauhditti sahauskaluston laajempaa käyttöä kiviteollisuudessa. Ensimmäiset vaijerisahat kehitettiin 1900-luvun alussa. Tuolloin vaijerin sahaava voima saatiin aikaan lisäämällä kvartsihiekkaa pyörivään teräsvaijeriin. Seuraava askel vaijerisahaustekniikan kehityksessä otettiin Englannissa 1950-luvun alussa. Vaijerin ympärille pujotettiin timanttipäällystettyjä helmiä, joiden ansiosta sahausta tehostui merkittävästi. [13, s. 18–19.]

Teollisesti valmistettujen timanttien halpeneminen 1980-luvulla sekä valmistusmenetelmien tehostuminen vauhdittivat timanttivaijerisahausta yleistymistä louhinnassa ja kivenjalostuksessa. Pohjoismaista Norja oli edelläkävijä, joka aloitti louhinnan dieselkäyttöisillä sahoilla 1980-luvun alkupuolella. Ruotsissa louhinta timanttivaijerilla alkoi yleistyä 1990-luvun puolivälissä. Pohjois-Karjalassa sekä Kaakkois-Suomessa muutamilla kivilouhimoilla sahausta on tehty varsin kannattavasti jo useampia vuosia. [13, s. 18–19.]

3.2 Ympäristönäkökulmat

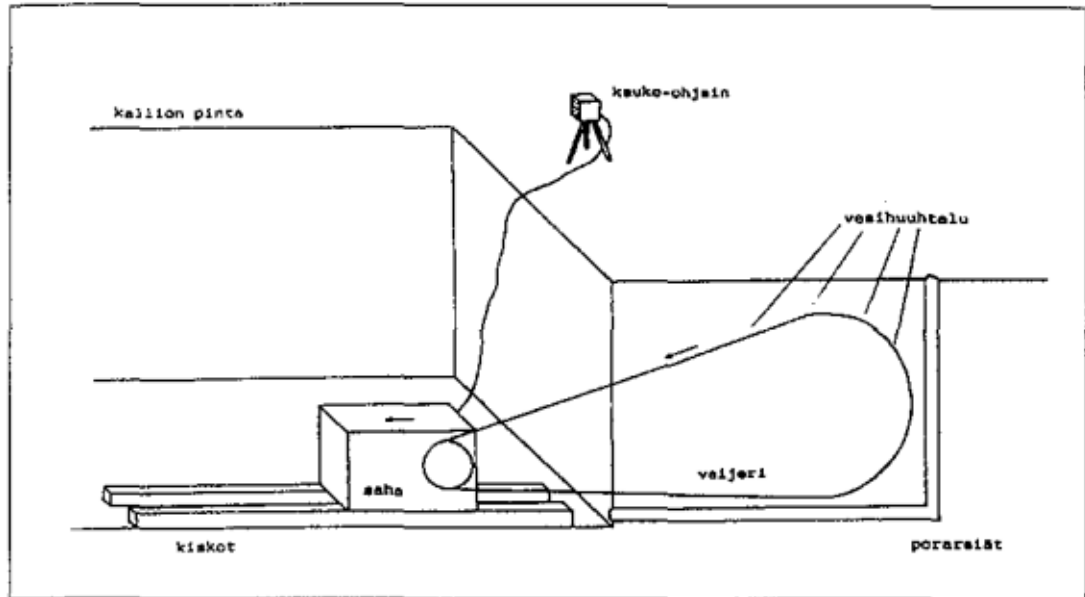
Rakennetussa ympäristössä louhintatöitä on tehtävä ympäristön ja ihmisten ehdoilla. Louhintakohteet ovat yksilöllisiä ja asettavat omat tarpeensa. Perinteistä poraamalla ja räjäyttämällä tehtävää louhintatyötä saatetaan rajoittaa lupaehdoissa melun, pölyn sekä tärinän takia. Ympäristötekijöistä tärkein vaijerisahausta puoltava tekijä on alhainen melutaso, joka on noin 70 desibelin luokkaa. Sahauksesta aiheutuva kivipöly on myös vähäistä ja sen hallinta helppoa. Sahattu kalliopinta on vähemmän rikkonainen verrattuna muihin louhintamenetelmiin. Näkyville jäävät kallionpinnat saavat myös huomiota esteettisyydellään. [13, s. 19.]

Vaijerisahauksen etuna on myös alhainen energiankulutus verrattuna perinteiseen railonporaukseen, sillä poraamisessa käytetään valtava määrä energiaa reiän huuhteluun. Porasoijan poistaminen reiästä vaatii riittävän puhallustehon porakangen ja reiän seinämän välissä. Urakoiden painottuminen ympäristön kannalta ekologisempiin menetelmiin tarjoaa ympäristöystävällisempiä työmenetelmiä käyttävälle urakoitsijalle kilpailuetua myös louhintatöiden osalta. [10.]

3.3 Vaijerisahausmenetelmä louhintatöissä

Louhintatöissä vaijerisahaus perustuu menetelmään, jossa haluttuun leikkaustasoon porataan kaksi toisensa kohtaavaa reikää, joiden kautta sahausvaijeri pujotetaan. Reikien suuntauksessa käytetään apuna luotilankaa tai takymetriä. Vaijerin pujottaminen reikiin tapahtuu joko vetonarulla tai koukkupäisellä tangolla. Reikien poraamisen jälkeen kiskoilla liikkuva saha asennetaan penkereen pohjalle tai päälle siten, että sahan vetopyörä on samassa tasossa porareikien muodostaman tason kanssa. Vaijerin kulkua voidaan muuttaa juoksupyörillä, mikäli sahausyksikkö joudutaan sijoittamaan toisin. Vaijerin liittämisen jälkeen se kiristetään sahan vetopyörän ympärille siirtämällä sahaa kiskoilla taaksepäin. Vaijerin ja kiven kontaktipintaa huuhdellaan vedellä, jonka tarkoitus on jäähdyttää vaijeria sekä poistaa syntynyt kivisoija. Sahaus etenee kuvan 3 mukaisesti

ajamalla sahausyksikköä kiskoilla poispäin leikkauksesta, jolloin kohteen ympärillä pyörivä timanttivaijeri muodostaa leikkaamiseen tarvittavan kitkan. [1, s. 72 & 10.]



Kuva 3. Periaatekuva vaijerisauhuksesta [1]

Sahausyksiköitä on olemassa eri tarkoituksiin. Pienemmät yksiköt, joita voidaan siirtää käsivoimin, soveltuvat rakenteisiin tehtävien aukkojen sahaukseen, eri materiaalien katkaisuihin sekä vaativiin purkutöihin. Isommat sahausyksiköt, joilla voidaan operoida useita neliömetrejä kerrallaan, vaativat mobilisointiin kuormauskalustoa. Suomessa louhimoilla sekä infrarakentamisessa suurin osa käytössä olevista sahoista on kuvan 4 mukaisia louhossahoja, joiden voimalähteenä on sähkömoottori. Sahan vetopyörään voima välitetään sähkömoottorilla. Työmaasta riippuen tarvittava sähkö otetaan joko työmaakeskuksesta tai tuotetaan työmaalla generaattorilla. [10.]



Kuva 4. Epiroc SpeedCut kiskosaha [14]

3.4 Vaijerisahan käyttö

Vaijerisahauksen suunnitteluun pitää kiinnittää erityisesti huomiota, sillä sahauskohteet ovat hyvin yksilöllisiä. Kallion muodot, kiviaineksen laatu, vuoripaine sekä monet muut tekijät voivat hankaloittaa sahausta. Oikealla sahausjärjestyksellä voidaan välttyä yllättäviltä ongelmilta. Pystysuoran seinän sahausessa optimaalinen penkan korkeus on 8–10 metriä ja ihanteellinen sahauspinta-ala 80–200 neliometriä yhdellä sahauskerralla. Sahausyksikön kiskon pituus on syytä mitoittaa niin, että vaijeria ei tarvitse lyhentää turhan usein. Edellä mainitut ihanteelliset olosuhteet mahdollistavat tehokkaan leikkauksen sekä pidentävät vaijerin käyttöikä. Vaijerin käyttöikä on 18–22 neliometriä/vaijerimetri. Vaijerin valinta tehdään kohteen kivilaadun mukaan. Vaijerin liittäminen yhteen tapahtuu teräsholkeilla. Liittimet on vaihdettava 8–12 käyttötunnin jälkeen. [13, s. 19–20.]

Vaijerin tasainen kulumisen saadaan aikaa pyörittämällä runkovaijeriin kierroksia vaijerin pyörimissuunnan mukaisesti, jolloin se pyörii akselinsa ympäri. Vaijerin jäädytykseen käytettävään veden määrään on myös kiinnitettävä huomiota, sillä liian runsas vedenkäyttö vie sahausesta tehoja ja aiheuttaa timant-

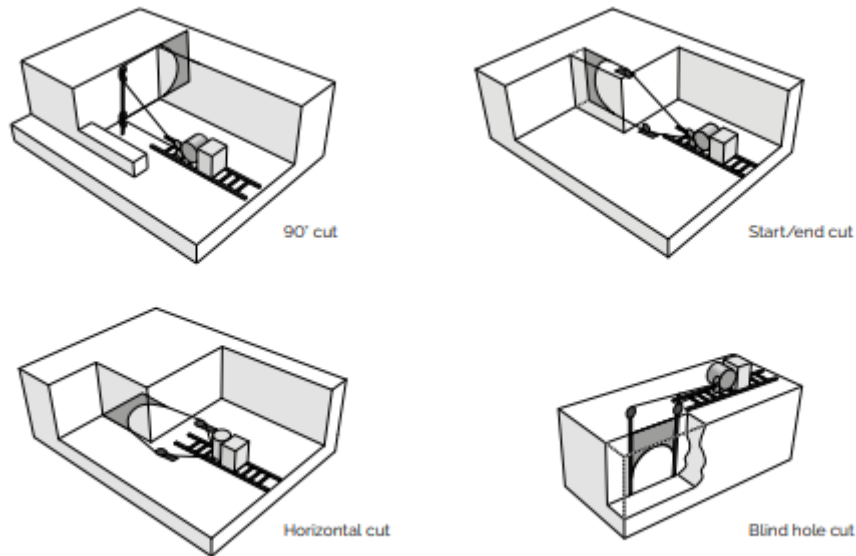
tien kiillottumisen. Veden tarve vaihtelee 6–18 litraa minuutissa kivilaadun, sahaussuunnan ja leikkuunopeuden mukaan. Vaijerin pyörimisnopeuteen vaikuttaa kivilaatu, sahauskalusto ja käytössä oleva vaijeri. Optimaalinen pyörimisnopeus on 28–34 metriä sekunnissa. [13, s. 19–20.]

3.5 Sahaustekniikat

Vaijerisahalla voidaan toteuttaa käytännössä mitä tahansa muotoja haluttuun kohteeseen. Kuvan 5 mukaisella harppisahalla voidaan sahata seinään sekä holveihin eri halkaisijaltaan olevia pyöreitä reikiä. Kalliota sahattaessa sahaus tehdään käytännössä joko pysty- tai vaakasuunnassa. Louhintakohteissa sahaus voidaan jakaa kolmeen erilaiseen sahaustekniikkaan, joista jokainen vaatii täysin erilaiset valmistelevat työt. Kuvassa 6 havainnollistetaan sahausmenetelmät. Mikäli kohteessa toteutetaan sahausta sekä pysty- että vaakasuunnassa, tulee sahausjärjestykseen kiinnittää erityistä huomiota, jotta voidaan välttää vaijerin jumittuminen. [10.]



Kuva 5. Pyöreän 1200 mm reiän sahaaminen betoniseinään vaijeriharppisahalla.
[15]

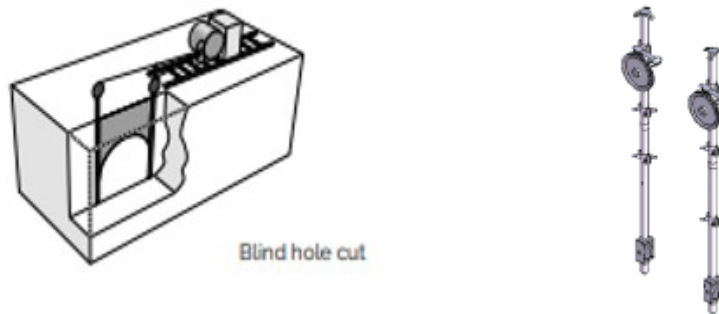


Kuva 6. Vaijerisahaustyötekniikat louhintatöissä [16]

Pystysuoraa seinää voidaan sahata kuvan 6 yläreunassa olevien tekniikoiden mukaisesti joko kone kohdistettuna suoraan sahattavaan kohteeseen tai ohjauspyörien avulla halutulla kulmalla. Pystysuoran seinän sahaaminen on yleisin sahaustekniikka infrarakennuskohteessa, jossa louhitaan kalliota. Avolouhinta-kohteissa pystysuoran seinän sahaamiseksi on porattava vaakareikä sekä pystyreikä, joissakin tapauksissa riittää pelkkä vaakareikä edellyttäen, että se puhkaisee kallion. Maanalaisissa kohteissa, esimerkiksi tunneleiden välien puhkaisuissa, vaakareikiä tarvitaan vähintään kaksi molemmille puolille haluttua aukkoa. [10.]

Vaakasahausta varten kuvassan 6 alareunassa vasemmalla on porattava lähes aina kaksi vaakasuuntaista reikää joko vierekkäin tai kohtisuoraan toisiaan nähden. On olemassa tiettyjä tilanteita, jossa yksi vaakasuuntainen reikä riittää, edellyttäen, että reikä puhkaisee sahauskohteen. [10.]

Syväreikäsahaus tai sokkoreikäsahaus kuvan 6 oikeassa alareunassa poikkeaa täysin muista menetelmistä irrottaa kalliota, sillä vaijeria ei pujoteta halutun sahauskohteen ympärille. Sahauksessa haluttua irrotuskohdetta lähestytään päältä samalla tavalla kuin irtiporauksessa. Syväreikäsahaus on mahdollista suorittaa vaakasuunnassa, jossa ainoana erona on sahausreikien poraus-suunta. Sahausta varten on porattava vähintään 250 millimetriä halkaisijaltaan olevia reikiä noin 4 metrin välein. Reiät tulee porata huomattavasti haluttua irrotustasoa alemmas, jottei sahausliete aiheuta ongelmia sahauskessa vaan valuu reiän pohjalle. Reikiin asetetaan pyörästöillä varustetut tangot, joiden avulla sahaus etenee ylhäältä alaspäin kuvan 7 mukaisesti. [10.]



Kuva 7. Havainnekuva syväreikäsahausta sekä sahausseen tarvittavista lisälaitteista. [16]

4 Vaijerisahausten käyttö infrarakentamisessa

Pääsääntöisesti vaijerisahausta käytetään louhintatyömailla pienentämään räjäytyslouhinnasta aiheutuvaa tärinää. Tärinävaikutusten pienentämisen lisäksi vaijerisahausta käytetään myös louhintatyön tehostajana. Vaijerisahaus haastaa tehokkaana, taloudellisena sekä ympäristöystävällisenä menetelmänä perinteistä railonporausta, jota tehdään yhä työmailla paljon. Viime vuosina vaijerisahaus on yleistynyt myös tunnelilouhintakohteissa. Vaijerisahaus soveltuu käytettäväksi myös vedenalaisiin kohteisiin sekä saneeraus- ja purkutyömaille.

4.1 Vaijerisahaus perinteisen avolouhinnan tukena

Louhintakohteet, jossa louhintätärinöiden takia joudutaan irrottamaan louhittava osa kalliosta, on useimmiten merkitty louhintasuunnitelmaan irtiporattaviksi. Louhintaurokoitsija voi kuitenkin tehdä saman työn vaijerisahaamalla. Vaijerisahausten valintaa puoltavat muun muassa tiukat aikatauluvaatimukset, ympäristövaatimukset, esteettisyys, kallion pinnanmuodot, vieraat esineet kalliosta (kuten lujituspultit), syvät leikkaukset, railon onnistuminen kauttaaltaan, suuri irrotettava pinta ja kallion rikkonaisuus. [10.]

Louhintätärinöiden pienentäminen ei suinkaan ole ainoa syy irrottaa louhittava kohde jäljelle jäävästä kalliosta. Kertaalleen louhittujen leikkausten levitys- louhinnoissa asuin- ja liikekiinteistöjen sekä tie- ja rata-alueiden välittömässä läheisyydessä saatetaan kallio irrottaa sahaamalla ennen varsinaista räjäytys- tai rusnauslouhintaa. Aiemmin louhittuun penkereeseen muodostuu usein rikkonaisuusvyöhykkeitä, joiden syvyys vaihtelee kalliolaadusta sekä käytetystä räjähdainemäärästä. Rikkonaisuusvyöhykkeen takia louhinta pelkästään räjäyttämällä saattaa muodostua ongelmalliseksi tiukkojen aikataulujen sekä ympäristönsuojelun vuoksi. Kivien sinkoiluriski voi kasvaa hallitsemattoman suureksi ilman louhittavan osan irrottamista etukäteen. Railon tekemisellä ja oikein suunnitellulla porauksella sekä panostuksella pystytään optimoimaan louhitun kiven raekokoa sekä kivien sinkoilua. Jäljelle jäävän kalliopinnan rusnaus sekä lujitus-tarpeet jäävät tällöin myös hyvin vähäisiksi. [10.]

Levityslouhinnoissa maasto-olosuhteet leikkauksen päällä saattavat osoittautua rajoittavaksi tekijäksi, mikä puoltaa vaijerisahausta railonporauksen sijasta. Kallion pinnanmuodot työalueella sekä puuttuvat huoltotiet sulkevat pois raskaiden poravaunujen käyttömahdollisuuden hyvin usein. Vaijerisahausta varten tarvittavat reiät pystytään poraamaan käsikäyttöisillä koneilla, joten maasto-olosuhteet eivät rajoita vaijerisahaamista haastavissakaan olosuhteissa. [10.] Kuvassa 8 on esimerkki huonoista maasto-olosuhteista, joihin irtiporauskaluston saaminen olisi ollut hankalaa ilman raideliikenteen katkoksia. Kuvan 8 tapauksessa irtiporausta rajoittaa myös kallion pinnan ja sillan välinen etäisyys.



Kuva 8. Vaijerisahattu ja louhittu sillanalunen. [14]

4.2 Vaijerisahaus räjähdysaineettoman louhinnan tukena

Louhinta tehdään useimmiten kiilaamalla sellaisissa kohteissa, joissa ei syystä tai toisesta voida louhia räjäyttämällä. Kun louhittavaa on paljon ja leikkaukset syviä, louhinta pelkästään kiilaamalla asettaa omat haasteensa. Lisäksi pelkästään kiilaamalla tehty louhinta on varsin hidasta sekä toisinaan mahdotonta. Kiilaustyön tehostaminen vaijerisahaamalla muuttaa työn luonnetta täysin. Sahaamalla haluttu leikkaus etukäteen tavoitesyvyyteen saavutetaan merkittäviä aika- ja kustannussäästöjä. Kiven kiilaaminen on tämän jälkeen huomattavasti helpompaa, ja leikkaus saadaan pidettyä näin halutun levyisenä. Ilman sahausta kiilaamisessa on huomioitava työvarat jo työn alkumetreillä. Työn luonteesta riippuen saattaa joissakin tilanteissa olla järkevää sahata myös louhittavan osan pohja irti, kuten kuvassa 9 on tehty. Tämä nopeuttaa kiilaustyötä entisestään etenkin kanaalilouhinnassa, jossa kiven irrotus on työteknisesti mahdollista vain yhteen suuntaan. [10.]



Kuva 9. Kanaalin pohja sekä sivut on sahattu vaijerisahalla. [14]

4.3 Rakenteiden purku

Tiivis rakentaminen ja mittavat perusparannushankkeet aiheuttavat haasteita rakenteiden joko osittain tai kokonaan purkamiselle. Rakenteiden purku käytäen perinteisiä menetelmiä, kuten räjäyttämistä tai koneellista purkua, ei asutulla alueella ole aina mahdollista. Vaijerisahaus on osoittautunut ihanteelliseksi purkumenetelmäksi teräsbetoniosien leikkaamisessa haastavissa olosuhteissa. Menetelmää hyödyntämällä työ voidaan suorittaa lähes häiriöttä sekä ympäristöä rasittamatta. [9 & 17.]

Vaijerisahauksen parhaita ominaisuuksia rakenteiden purkutyössä ovat seuraavat asiat:

- Sahaus voidaan suorittaa rakenteeseen mihin tahansa suuntaan tai kulmaan.
- Sahaus läpäisee lähes kaiken timanttia heikomman materiaalin.
- Irrotettava kappale voidaan sahata minkä tahansa muotoiseksi ja kokoiseksi, mikä helpottaa purkutyötä ahtaissa tiloissa.
- Työmenetelmä soveltuu käytettäväksi vedenalisissa rakenteissa.
- Sahausprosessista syntyvä melu sekä pölyäminen on hyvin vähäistä, eikä savukaasusaasteita muodostu paikallisesti.
- Paikalleen jäävä rakenne ei vaurioidu.
- Purkutyö on turvallista, koska purettavan kohteen välittömässä läheisyydessä oleskelu ei ole välttämätöntä.

Infratyömailla erilaisten betonirakenteiden purkaminen osittain niin, että jäljelle jäävä rakenne ei vaurioidu, on hyvin yleistä. Kuvassa 10 viemäriputken vaijerisahaus muutostöitä varten. [9 & 17.]



Kuva 10. Viemäriputken vaijerisahaus muutostöitä varten [17]

4.4 Maanalaiset louhinnat

Vaijerisahaus soveltuu erinomaisesti käytettäväksi myös erilaisiin maanalaisiin kohteisiin. Kaupunkialueella kuilujen tekeminen pelkästään räjäyttämällä ei aina ole mahdollista. Viime vuosina vaijerisahaus on yleistynyt kuilujen louhinnassa.

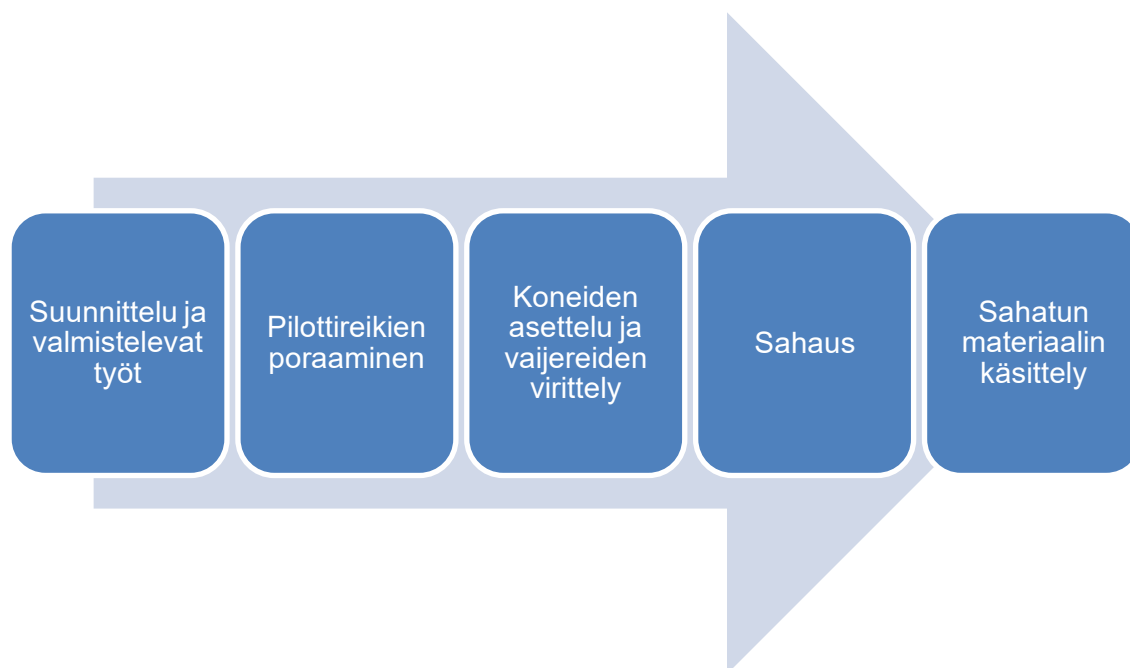
Vaijerisahaamalla on myös toteutettu tunneleiden välien puhkaisuja sekä erilaisia pistoja. Tätä on osaltaan vauhdittanut suurten uppoporaamalla toteutettujen reikien halpeneminen. Reiän poraaminen keskelle haluttua irrotuskohdetta helpottaa sahatun kamin paloittelua ja tämän myötä irtoaa helpommin. Vaijerisahaamalla irrotettu kami rikotaan yleensä räjäyttämällä, kiilaamalla tai iskuvasaralla. Louhintatärinöiden pienenemisen lisäksi vaijerisahaamalla saavutetaan muitakin merkittäviä ominaisuuksia kohteen erityispiirteet huomioiden. Vaijerisahaamalla tehtävien kuilujen, pistojen ja puhkaisujen jäljiltä kallion lujitus sekä injektointitarpeet vähenevät oleellisesti, jolloin myös mahdolliset vesivuodot jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin vastaavan työn toteuttaminen pelkästään räjäyttämällä. [10.]

Erilaisten pistojen, puhkaisujen tai laajennuksien tekeminen etenkin saneerauskohteissa saattaa osoittautua mahdottomaksi ilman vaijerisahausta betonirakenteiden sekä kalliossa olevien lujituspulttien takia. Käytössä olevien kalliotilojen tekniikka rajaa myös usein muut menetelmät pois käyttövalikoimasta. Vaijerisahaamalla toteutettavan louhinnan ansiosta käytössä olevaa tekniikkaa ei tarvitse purkaa tai siirtää kuin työalueelta. Maanalaisiin kohteisiin on yleensä myös järjestettävä tuuletus koneiden pakokaasujen ja pölyn vähentämiseksi. Sähkökäyttöinen vaijerisaha ei synnytä pakokaasuja, mikäli virta saadaan otettua tunnelitekniikasta. Pölyäminen ei myöskään aiheuta ongelmia ja näin ollen tuulettusta näiltä osin ei välttämättä tarvita. [10.]

5 Vaijerisahauksen työvaiheet pystysuoran seinän sahauksessa

Sahausta pystytään suorittamaan monella eri tekniikalla, mikä kävi ilmi jo aiemmassa luvussa. Infrarakentamisessa tehtävien maanpäällisten louhintojen yleisin sahaus on pystysuoran seinän sahaaminen. Tällöin sahaus suoritetaan yleensä louhintatärinöiden vaimentamiseksi, räjähdysaineettoman louhinnan tueksi tai pelkästään esteettisyyssyistä.

Pystysuoran seinän sahaaminen vaatii seuraavat työvaiheet: suunnittelu- ja valmistelutyöt, pilottireikien poraaminen, koneiden asettelu ja vaijereiden virittely, sahaus sekä sahatun materiaalin käsittely. Niistä kerrotaan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.



Kuva 11. Vaijerisahauksen työvaiheet pystysuoran seinän sahauksessa

5.1 Suunnittelutyö ja valmistelevat työt

Työn suunnittelu on vaijerisahauksen tärkein työvaihe. Sahaustyön valmistelu edellyttää lähes aina pintamaiden poistoa tai louhintatöitä, koska vaakareiät porataan usein hieman tavoitelouhintatason alapuolelle. Vaakareiän sijaintia suunnitellessa tulee ottaa huomioon porauslaitteen tilan tarve, joka on pituussuunnassa minimissään 3000 millimetriä ja korkeussuunnassa 500 millimetriä kuvan 12 mukaisella Dazzini Machine PP90:llä. Pystysuoran reiän porauksessa tulee ottaa huomioon kallion pinnanmuodot, sillä ne saattavat rajoittaa porauskaluston valintaa sekä määrittää reiän porauspaikan. [10.]



Kuva 12. Vaakasuuntaisen ohjausreiän poraamiseen tarvittava tila Dazzini Machine PP90:llä on 3000 millimetriä [14]

5.2 Ohjausreikien poraus

Ohjausreikien porauksen onnistuminen on edellytys vaijerisahaukselle. Kokemuksen perusteella lyhyidenkin reikien porauksessa kannattaa käyttää mittamiestä. Täkytrimittauksella varmistetaan vaakasuuntaukseen käytettävän vasaraporauslaitteen oikea sijainti asennusvaiheessa. Porauslaitteen asennuksen jälkeen suuntaukseen ei voida enää vaikuttaa. Samalla mittauskerralla tulee

merkitä pystysuoran reiän paikka. Ensisijaisesti vaakasuuntainen reikä porataan ensimmäisenä. Tämän jälkeen pystysuuntainen reikä porataan mittamiehen antamien merkkien mukaisesti. Pystysuuntaisia reikiä saatetaan joutua poraamaan useampia ennen kuin reiät kohtaavat, mikä on havaittavissa kuvasta 13. [10.]



Kuva 13. Useamman pystyreian poraaminen ennen reikien kohtaamista. [14]

Vaakasuuntaisten reikien poraus tehdään lähes poikkeuksetta uppovasara-porausmenetelmällä, jolloin porakruunun koko on yleensä 3–4 tuumaa. Vaakareikä porataan hieman yläviistoon, jotta varmistetaan sahausvaiheessa lietteen poistuminen. Vaakasuuntaisten reikien poraamiseen voidaan käyttää kevyempää kuvan 14 mukaista kalustoa tai kuvan 15 mukaista raskaampaa kalustoa.



Kuva 14. Vaakareikänporaus Dazzini Machine PP90 [14]



Kuva 15. Lännen Alituspalvelu Oy:n kalustoa, joka soveltuu pidempien ohjausreikien poraamiseen.

Pystysuuntaisen reiän porauksessa käytetään lähes poikkeuksetta kalustoa, joka on tuotu työmaalle muita louhintatöitä varten. Reikäkoko vaihtelee 38–89 millimetriä riippuen porauskalustosta. Isompi reikäkoko helpottaa reikien kohtaamista. Jyrkät ja korkeat kallion kielekkeet kuitenkin rajoittavat poravaunujen käyttöä kohteessa, jolloin pystysuuntainen reikä joudutaan poraamaan käsikäyttöisellä koneella nostokorista tai nosturin päässä kiinni olevalla poralla. [10.]

5.3 Koneiden asettelu ja vaijerin virittelyt

Sahattaessa pystysuoraa seinää vaijerisahausrakenteisto voi olla suorassa linjassa tai kohtisuorassa tulevan leikkauksen kanssa. Työmaalla käytössä oleva tila kuitenkin määrittää, miten sahaus suoritetaan ja miten sahausyksikkö sijoitetaan. Kisko, jonka päällä sahausyksikkö liikkuu, vaatii vähintään kolmen metrin pituisen tasaisen alustan. Kun sahausyksikkö on asetettu paikkaan, josta sahaus suoritetaan, on väkipyörät asennettava kohteen vaatimalla tavalla. Väkipyörien lukumäärä riippuu sahausyksikön sijainnista leikkauskohtaan nähden sekä kallion pinnanmuodoista. Kuvassa 16 on vaijerin suuntausta muutettu 90 astetta tankoon asennettujen väkipyörien avulla. [10.]



Kuva 16. Vaijerin kulkusuuntaa on muutettu väkipyörien avulla 90 astetta [14]

Sahausvaijeri pujotetaan vetonarun avulla reikien läpi. Vetonarun saamiseksi reikiin käytetään apuna paineilmaa tai -tankoa, jonka päässä on koukku. Kun vetonaru on saatu reikien läpi, sen avulla pystytään vetämään sahausvaijeri. Kun sahausvaijeri saadaan kiertämään onnistuneesti sahattavan pinnan, väkipyörien ja vetoyksikön välillä, voidaan vaijeri liittää yhteen. [10.]

5.4 Sahaus

Ennen sahauksen aloittamista työalue on suojattava huolellisesti, sillä vaijeri pyörii suojaamattomana. Turvaetäisyys on 1,5 kertaa vapaan vaijerin mitta. Kun sahaus on aloitettu, ei käynnissä olevan laitteen läheisyydestä saa poistua. Sahausyksikkö vaatii jatkuvaa tarkkailua sekä laitteen säätämistä. Säätäminen tarkoittaa vaijerin kiristämistä, mikä tapahtuu ajamalla sahausyksikköä kiskoja pitkin kauemmas leikkauksesta. Kiristysvaran loputtua työ joudutaan hetkellisesti

keskeyttämään, jolloin sahausyksikkö ajetaan takaisin kiskon etuosaan ja vaijeri lyhennetään. Työn edetessä saattaa eteen tulla yllättäviä tilanteita kuten vaijerin katkeaminen. Vaijerin katkeaminen saattaa johtua kallion rikkonaisuudesta, kalliolaadun vaihtelevuudesta, vuoripaineesta, kallioon aiemmin asennetuista luji-
tuspulteista tai väärin valitusta vaijerista. Vuoripaineen takia sahaus tulee suorittaa yhtäjaksoisesti. [10.]

5.5 Sahatun materiaalin käsittely

Sahauksen valmistuttua irrotettu kallio joko räjäytetään tai sen pienentämiseen käytetään jotakin soveltuvaa räjähdysainetonta menetelmää. Valinta tulee kuitenkin suunnitella kohteen erityispiirteet huomioiden. Kuvassa 17 sahaus on toteutettu sekä pysty- että vaakasuunnassa. Kuvan tapauksessa irrotettava kallion osa oli niin kapea, että se saatiin rikottua iskuvasaralla pienemmäksi, jolloin se voidaan hyödyntää joko työmaalla tai kuljettaa pois. [10.]



Kuva 17. Valmis sahauspinta [14]

6 Vaijerisahaus GRK Infra Oy:ssa

6.1 Yrityksen käytössä oleva kalusto

Yritys hankki vuonna 2019 Epicroc SpeedCut -louhossahan vaativien louhinta-kohteiden tueksi. Sahan hankinnalla on saavutettu tietynlainen kilpailuetu louhintatöissä, sillä louhintaan soveltuvia sahoja on Suomessa rajallinen määrä. GRK:lla louhintasahauksia on toteutettu eri olosuhteissa varsin menestyksellä.

Epicroc SpeedCut on monipuolinen louhossaha, jolla voidaan sahata suuriakin leikkauksia pysty- ja vaakasuunnassa. Sahan erikoisuutena on kääntyvä vetopyörän runko, joka kääntyy 320 astetta. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että vierekkäiset pystysuuntaan tehtävät leikkaukset voidaan toteuttaa samasta asemasta 2 metrin etäisyydellä toisistaan. Kuvassa 18 tehdään vaakasuuntaista sahausta vetopyörä vaakasuunnassa. Kuvassa 19 suoritetaan pystysuuntaista sahausta sahausyksikön vetopyörä käännettynä pystyasentoon. Sahausyksikkö kiristää vaijeria automaattisesti vaijerin vetovastuksen perusteella, mikä pidentää vaijerin käyttöikää. [16.]



Kuva 18. Vaakasahaus Epicroc speedcut 100 -laitteella. Kuvassa vetopyörä on vaaka-asennossa. [14]



Kuva 19. Pystysuoran seinän sahaus Epicroc SpeedCut 100 -laitteella. [14]

Taulukossa on koottuna Epicroc SpeedCut 100:n tarkempia mittatietoja. Suuren sähkön kulutuksen vuoksi sahaan joudutaan tuottamaan voima yleensä generaattorilla, sillä työmaa sähköt eivät yleensä ole mitoitettu tämän luokan sähkön kulutukseen.

Taulukko 1: Epicroc SpeedCut 100:n mittatiedot

Käyttövoima	Sähkö
Teho	75 kW
Paino	2660 kg
Pituus	3000 mm (kiskon pituus)
Leveys	1520 mm
Korkeus	1750

Ohjausreikien porauskalusto

Yrityksellä on myös lukuisa määrä päältä lyövää porauskalustoa, joka soveltuu käytettäväksi pystysuuntaisten ohjausreikien poraamiseen. Vaakasuuntaisten ohjausreikien poraukseen yritys on hankkinut Dazzini Machine PP90:n. Porauslaite toimii ulkopuolisella sähköhydraulisella moottorilla ja vasara saa voimansa kompressorilta. Kuvassa 20 Dazzini Machine PP90 sekä sähköhydraulinen voimayksikkö. Laajan yhteistyökumppaniverkoston ansiosta tehokkaampaa vaakaporaukseen soveltuvaa kalustoa on saatavilla pidempiin porauksiin.



Kuva 20. Dazzini Machine PP90:llä vaakasuuntaisen ohjausreiän poraus. [14]

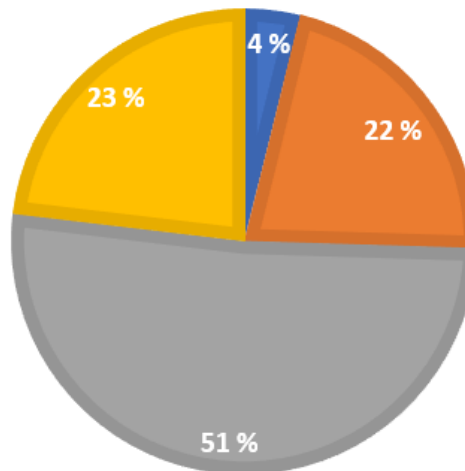
6.2 Vaijerisahauksesta syntyvät kustannukset louhintatöissä

Kustannuksia on tarkasteltu GRK Infra Oy:n tehdyistä töistä saadusta datasta. Kustannuksiin on laskettu ainoastaan sahaukseen liittyviä kuluja. Laskelmissa ei ole huomioitu mahdollista vaakasuuntaisen ohjausreiän porausmontun louhintaa, sillä tämä on hyvin kohdekohtainen ja siten vaikea ottaa huomioon.

Yrityksen datan perusteella vaijerisahauksesta syntyvät kustannukset irrotettavaa neliometriä kohden pienenevät huomattavasti urakoitsijan näkökulmasta, mitä suurempi sahattava pinta-ala on. Valmistelevien töiden osuus koko sahausprosessista on noin puolet. Leikkauksen koosta riippumatta valmistelevien töiden määrä ennen ohjausreikien porausta on samaa luokkaa, mistä suurin osa tämän työvaiheen kustannuksista koostuu. Itse poraustyö ei juurikaan tuo lisäkustannuksia silloin, kun porattava matka kasvaa jonkin verran. Kuvan 21 ympyrädiagrammista voidaan käytännössä nähdä, kuinka sahauksesta syntyvät kustannukset jakaantuvat.

KULURAKENNE

■ Suunnittelu ■ Mobilisointi ■ Valmistelu ■ Sahaus



Kuva 21. Ympyrädiagrammi vaijerisahauksen kulurakenteesta.

Vaijerisahauksesta syntyvät kustannukset voidaan karkeasti jakaa neljään osaan:

- Suunnittelu

Suunnittelussa kustannuksia kertyy työnjohdon ja sahausta operoivan henkilön suunnitellessa käytännön työtä muun muassa ohjausreikien suunnittelua sekä niihin tarvittavan kaluston valintaa ja sahausyksikön sijoituspaikkaa.

- Mobilisointi

Mobilisoinnissa on huomioitava kaluston siirtely kahteen kertaan, sillä kalustolle on harvoin suoraan tarvetta seuraavassa kohteessa. Mobilisointikulut muodostavat huomattavan kuluerän, lähes $\frac{1}{4}$, koko prosessista.

- Valmistelu

Valmistelevien töiden osuus sahauksen tekemisestä on suurin, sillä noin puolet kustannuksista kertyy näistä. Valmistelevat työt pitävät sisällään mittaukset, ohjausreikien porauksen, sahauspedin teon, laitteen asennukset, ohjauspyörien asennukset, vaijerinvirittelyn ja vesihuuhtelun järjestämisen. Laskelmissa on huomioitu myös ohjausreikien porausvirheet tai epäonnistumiset, jotka mahdollisesti nostavat kustannuksia.

- Sahaus

Sahaus työvaiheena muodostaa noin $\frac{1}{4}$ kaikista kustannuksista, joita vaijerisahauksessa syntyy. Tässä on huomioitu myös vaijerin käyttöikä noin 20 neliometriä/vaijerimetri.

Jos vaijerisahauksessa kustannukset putoavat urakoitsijan näkökulmasta sitä mukaan, mitä suurempi sahattava pinta-ala on, niin irtiporauksessa, joka yleensä on vaijerisahauksen vaihtoehto, kustannukset pysyvät lähes vakioina neliometriä kohden. Vaijerisahaus on siis urakoitsijalle taloudellisesti sitä kannattavampi vaihtoehto mitä isompi sahattava pinta-ala on.

7 Tulokset

Vaijerisahausmenetelmän hyödyntämistä rajoittaa ensisijaisesti heikko tietämys vaijerisahauksesta. Se mielletään usein hitaaksi ja kalliiksi menetelmäksi, vaikka todellisuus saattaa olla aivan toinen. Ennen kaikkea vaijerisahaamista varten tehtävien valmistelevien töiden osuutta pidetään suurena ja myös hitaana railonporaukseen verrattuna. Monesti ajatellaan, että railonporauksessa ei ole juuri lainkaan valmistelevia töitä. Todellisuudessa railonporaukseen tulee valmistautua huolellisesti puhaltamalla kallionpinta. Usein kallionpinnan epätasaisuudet edellyttävät myös tasausvalun tekemistä, jolloin valmistelevien töiden osuus ennen varsinaisen työn suorittamista on lähes samaa luokkaa kuin vaijerisahauksessa. Myös vaijerisahauksen kalleus on harhaluulo. Vaijerisahauksen kustannukset ovat urakoitsijalle sitä pienemmät, mitä suurempi sahattava pinta-ala on, kun taas railonporauksessa kustannukset pysyvät melkein samoina jokaista neliometriä kohden. Loppujen lopuksi urakoitsijan kokemus louhintatöistä määrittää pitkälti sen, mikä menetelmä soveltuu käytettäväksi kohteessa.

Toisaalta vaijerisahausmenetelmän hyödyntämistä rajoittaa myös rajallinen määrä sellaisia louhintaurakoitsijoita, jotka omistavat sahaukseen, etenkin suurempien leikkausten tekemiseen, soveltuvaa kalustoa. Toki urakoitsijat kykenevät investoimaan kalustoon, mikäli työtilanne näyttää hyvältä. Eri asia on kuitenkin löytää sopiva henkilö käyttämään konetta, sillä tehtävään ei voi kouluttautua ja ainoa tapa oppia on käytännön työssä.

Louhintakohteessa tehtävän vaijerisahauksen kokonaisvaltaiseen onnistumiseen vaikuttaa merkittävästi sahausta operoivan henkilön ammattitaito. Muut ulkoiset tekijät tai olosuhteet eivät yleensä estä sahaamista, mutta ne saattavat hidastaa oleellisesti työn etenemistä. Kuitenkin tärkeää on se, että työn eteneminen suunnitellaan huolellisesti niin, että mahdollisia työvaiheiden päällekkäisyyksiä ei synny työalueelle. Tilannetta, jossa sahaus jouduttaisiin keskeyttämään tai kalustoa siirtämään työn aikana, ei saa muodostua.

Louhintakohteet ovat yksilöitä eikä näin ollen voida aina etukäteen määrittellä käytettävää irrotusmenetelmää, joten jokaisen kohteen erityispiirteet tulee huomioida erikseen. Mikäli railon tekemiselle ei menetelmän puolesta ole esteitä, määrittäväksi tekijäksi muodostuu irrotettava pinta-ala sekä railon tekemiseen käytettävissä oleva aika. Mikäli irrotettava pinta-ala on suuri ja työhön käytettävä aikaikkuna erittäin tiukka, vaijerisahausta todennäköisesti sopii kohteeseen parhaiten. Irrotettavan alan ollessa pieni perinteinen railonporaus saattaa osoittautua taloudellisemmaksi vaihtoehdoksi.

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoite oli koota yhteen tietoja vaijerisahauksesta. Työssä vaijerisahausta sekä sen erilaisia käyttökohteita käsiteltiin käytännönläheisesti erilaisien esimerkkien avulla. Pääpaino vaijerisahauksen hyödyntämisessä oli louhintatöissä ja sen eri tekniikoissa, sillä louhinta rakennetussa ympäristössä edellyttää useamman louhintamenetelmän hyödyntämistä halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Työn tuloksena saatiin tuotettua tavoitteiden näkökulmasta riittävän laajaa sekä toimeksiantajaryitykselle hyvin hyödynnettävissä olevaa tietoa etenkin vaijerisahauksen soveltuvuudesta eri käyttökohteisiin infrarakentamisen näkökulmasta. Erityisen hyvin vaijerisahausta sopii louhintamenetelmäksi siksi, että sen avulla voidaan vähentää louhintatyöstä aiheutuvia ympäristöhaittoja, kuten tärinää, melua, pölyä sekä kivien sinkoilua. Vaijerisahausta sopii myös erinomaisesti erilaisiin purkutöihin, kuten massiivisten raudoitettujen betonirakenteiden purkamiseen. Lisäksi vaijerisahauksen etu on se, että haastavatkään maasto-olosuhteet eivät rajoita sen käyttöä, koska sahauksen vaatimat reiät pystytään poraamaan käsikäyttöisillä, helposti siirrettävillä koneilla.

Vaijerisahausta pidetään työläämpänä ja kalliimpana menetelmänä kuin irtiporaamista. Opinnäytetyössä saatiin selville toimeksiantajaryityksen tehtyjen töiden datan perusteella, että vaikka vaijerisahauksen valmistelemissä töissä työvaiheita on enemmän kuin irtiporauksessa, on vaijerisahausta taloudellisesti perusteltua suuremmissa leikkauksissa. Usein irtiporauksen valmisteleviin töihin

menee yhtä paljon aikaa kuin vaijerisahauksen valmisteluihin, varsinkin jos kallionpinta vaatii etukäteistyöstämistä ja tasausvalujen tekemistä. Yhtä kaikki, urakoitsijan kustannukset suhteessa pienenevät sitä mukaan, mitä suurempi louhitava alue vaijerisahauksessa on. Aivan pienissä louhintakohteissa vaijerisahaukselle ei ole taloudellisia perusteita silloin, kun vaihtoehtoisia menetelmiä voidaan hyödyntää.

Saadun selvitystyön pohjalta toteutetaan yrityksen käyttöön soveltuva esite vaijerisahauksesta.

Työn aikana kävi ilmi, että tarkkaa tietoa siitä, kuinka suuria leikkauksia yhdellä sahauskerralla voidaan toteuttaa rakennuslouhintatöissä, ei ole olemassa. Rakennuskiviteollisuudessa tehtyjä sahauksia ei voida hyödyntää, sillä sahausolosuhteet ovat ihanteelliset ja sama sahaus toistuu useita kertoja. Jotta saataisiin mahdollisimman realistisia tuloksia, pitäisi koekohteiden olla aitoja infrarakentamiseen liittyviä louhintakohteita ja näissä pitäisi toteuttaa koeluontoisesti mahdollisimman suuria leikkauksia. Koesahauksia tulisi suorittaa myös eri kalliolaaduille, jotta saataisiin realistinen kuva siitä, kuinka suuri leikkaus todellisuudessa olisi mahdollista sahata.

Lähteet

- 1 Mesimäki Pekka. 1999. Tarvekiven louhinta. Opetushallitus.
- 2 Vuolio Raimo, Halonen Tommi. 2012. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen rakennusmedia
- 3 Maankäyttö ja rakennuslaki. 17.1.2014/41. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132#L17P122c>> Luettu 7.2.2022
- 4 Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta. 16.6.2016/484. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110644#L7>> Luettu 7.2.2022
- 5 Melua tai tärinää aiheuttava tilapäinen toiminta. 2020. Verkkoaineisto. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. <https://www.ymparisto.fi/fi-fi/asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/ysln_kertaluonteisen_toiminnan_ilmoitusmenettely/Melua_tai_tarinaa_aiheuttava_tilapainen_toiminta>. Luettu 7.2.2022
- 6 Ilmoita räjäytystyöstä. 2020. Verkkoaineisto. Poliisi. <<https://poliisi.fi/ilmoita-rajaytystyosta>>. Luettu 7.2.2022
- 7 Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta. 16.6.2011/644. <www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110644#L7> Luettu 7.2.2022
- 8 Vuolio Raimo, Halonen Tommi. 2017. Räjätystyöt. Helsinki: Suomen rakennusmedia
- 9 Jääskeläinen Raimo. 2010. Maanrakennuksen ja louhinnan perusteet. Porvoo: Tammertekniikka / AMK-Kustannus
- 10 Korhonen Arto. Työpäällikkö. GRK Infra Oy. Espoo. Haastattelu. 26.11.2022
- 11 Vuorityö ja -tekniikka vuosijulkaisu 2006. 2006. Verkkoaineisto. Vuoritekniikot Ry. <<http://www.vuoritekniikot.fi/uploads/vuorityolehti/Vuorityo2006.pdf>>. Luettu 6.1.2022
- 12 Tunnel Boring Machine. Verkkoaineisto. Railsystem. <<http://www.railsystem.net/tunnel-boring-machine-tbm>>. Luettu 6.1.2022

- 13 Vuorityö ja- tekniikka vuosijulkaisu 2013. 2013. Verkkoaineisto. Vuoritekni-
kot RY. <[https://docplayer.fi/2498104-Juhlanumero-vuorityo-ja-tekniikka-
vuoritekni-
kot-ry-n-jasenlehti-vuosijulkaisu-2013-www-vuoritekni-
kot-fi.html](https://docplayer.fi/2498104-Juhlanumero-vuorityo-ja-tekniikka-vuoritekni-
kot-ry-n-jasenlehti-vuosijulkaisu-2013-www-vuoritekni-
kot-fi.html)>Luettu 8.1.2022
- 14 GRK. 2021. Koottuja kuvia vaijerisahauksesta. Vantaa.
- 15 Kunnari Joonas. Timanttiporausteho Oy. Lohja. Puhelinkeskustelu.
15.2.2022
- 16 Epiroc. SpeedCut esite.
- 17 Jokinen Jussi. Gles Oy. Tuusula. Haastattelu. 10.3.2022

Liite 1: Ilmoitus melua ja tärinää aiheuttavasta tilapäisestä toiminnasta

ILMOITUS MELUA JA TÄRINÄÄ AIHEUTTAVASTA TILAPÄISESTÄ TOIMINNASTA	
(Ympäristönsuojelulaki 118 §)	
Viranomaisen täyttää) Diaarimerkintä	Viranomaisen yhteystiedot
Ilmoitus on tullut vireille	
1. ILMOITUSVELVOLLINEN	
Ilmoitusvelvollisen nimi tai toiminimi	Y-tunnus
Lähiosoite	
Postinumero ja postitoimipaikka	
Yhteys henkilön nimi ja yhteystiedot (puhelin, sähköposti)	
Laskutusosoite (postiosoite tai verkkolaskuosoite)	
2. AIHEUJTAMISPAIKKA	
Osoite	
<input type="checkbox"/> Sijainti on esitetty kartalla, liitteessä nro	
3. TOIMINTA	
Rakentaminen	
<input type="checkbox"/> louhinta <input type="checkbox"/> murskaus <input type="checkbox"/> paalutus <input type="checkbox"/> muu, mikä?	
Tapahtuma	
<input type="checkbox"/> ulkoilmakonserti <input type="checkbox"/> muu, mikä?	
4. TOIMINNAN KESTO	
Aloittamispäivä	
Päätymispäivä	
Ma – pe (klo)	
La	
Su	
5. MELUPÄÄSTÖT	
Koneet, laitteet tai toiminnot sekä niiden lukumäärä	
Melutaso 10 metrin päässä, dB(A)	

6. MELUN JA TÄRINÄN LEVIÄMINEN	
Häiriintyvät kohteet ympäristössä ja niiden etäisyys toimipaikalta []	
Toiminnan vaikutus häiriintyvien kohteiden melutasoon, dB(A) []	
<input type="checkbox"/> Liitteenä esitetään kartta toimipaikasta ja häiriintyvistä kohteista	
7. MELUN JA TÄRINÄN TORJUNTA JA SEURANTA	
Torjuntatoimenpiteet []	
Melutilanteen seuranta []	
Tiedottaminen <input type="checkbox"/> talokohtainen <input type="checkbox"/> huoneistokohtainen <input type="checkbox"/> porraskäytäväkohtainen	
Tiedotteen jakelualueen laajuus ja katuosoitteet []	
8. LISÄTIEDOT	
Aineisto ja arviointimenetelmät, joihin tiedot perustuvat []	
<input type="checkbox"/> Liitteenä muita lisätietoja	
9. ALLEKIRJOITUS	
Paikka []	Päivämäärä []
Allekirjoitus (tarvittaessa) []	
Nimen selvennys []	

Liite 2. Ilmoitus räjäytystyöstä



Ilmoitus räjäytystyön suorittamisesta

TYHJENNÄ

1 (4)

Ilmoittaja		
Yritys	Y-tunnus	
Yhteyshenkilö		
Nimi		
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Sähköpostiosoite		Puhelinnumero

Räjäytystyömaa		
Räjäytystyömaan katuosoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Räjäytystyömaan tarkka sijainti		
Rakennettava kohde		
Työmaan arvioitu kestoaika:	-	
Suoritettavien räjäytystöiden aikataulu (päivät ja kellonajat)		

 Jatkuu erillisellä liitteellä

Käytettävät räjähteet

Käytettävien räjähteiden lajit

Arvio räjähteiden käyttömäärästä vuorokaudessa

Suurin yhtenä panoksena käytettävä määrä pääsääntöisesti

 Jatkuu erillisellä liitteellä
Räjäytystyön suorittaja ja johtaja

Räjäytystyön suorittavan yrityksen nimi		Y-tunnus
Yhteyshenkilö		
Nimi		
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Sähköpostiosoite		Puhelinnumero
Räjäytystyön johtaja		
Nimi		Puhelin
Pätevyyskirjan numero	Pätevyyskirjan luokat	



Ilmoitus räjäytystyön suorittamisesta

3 (4)

Muut tiedot

Miten räjähteiden säilytys ja varastointi on suunniteltu toteutettavaksi räjäytystyön aikana/työmaalla?

Miten räjähdysaineet tuodaan työmaalle ja miten menetellään ylimääräisten räjähteiden kanssa?

Vakuutusyhtiö

Muuta tietoa vakuutuksesta

Laskutustiedot

Verkkolaskuoperaattori

Verkkolaskuosoite

Välittäjä tunnus

Tilausviite

Allekirjoitus

Päiväys, allekirjoitus ja nimenselvennys

Täytä lomake huolellisesti ja varmista, että kaikki tarvittavat liitteet ovat mukana. Puutteellinen ilmoitus hidastaa asian käsittelyä.

Liitteet

- Turvallisuuksuunnitelma
 Räjätystysuunnitelma
 Muu, mikä: _____

Viranomaismerkinnät

Ilmoitus jätetty, pvm: _____	Vastaanottaja: _____
Tarkastettu ja hyväksytty ilmoitusmenettely, pvm: _____	Hyväksyjä: _____
Päätös, joka sisältää määräyksiä räjäytystyön suorittamisesta	
<input type="checkbox"/> Ilmoituksen perusteella annetaan erillinen päätös	
Maksu: <input type="checkbox"/> Maksettu _____ € <input type="checkbox"/> Ei maksettu	
Ilmoituksen tai päätöksen hyväksymismenettelyn sovittu tiedoksiantamistapa	
<input type="checkbox"/> Lähetetään postilla osoitteeseen: _____	
<input type="checkbox"/> Lähetetään faxilla osoitteeseen: _____	
<input type="checkbox"/> Lähetetään sähköpostilla osoitteeseen: _____	
<input type="checkbox"/> Noudetaan	
Muita merkintöjä	

 TALLENNA TULOSTA TYHJENNÄ