

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Yhdyskuntatekniikka

Samuel Laitinen

Louhinnan tunnuslukujen tarkastelu

Opinnäytetyö 2018

Tiivistelmä

Samuel Laitinen

Louhinnan tunnuslukujen tarkastelu, 37 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

Yhdyskuntatekniikka

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu, työmaainsinööri Merja Piironen-Salomaa, Destia Oy

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin viiden eri louhintatyömaan tunnuslukuja. Tarkasteltaviksi tunnusluvuiksi valikoituivat ominaisporaus, ominaispanostus ja ominaisrikotus. Tarkasteltavina työmaina oli kaksi murskalouhintatyömaata, kaksi asutuskeskuslouhintatyömaata ja yksi kuilunlouhintatyömaa, missä toteutettiin kahden eri kuilun louhinta. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millaisia tunnusluvut ovat erilaisissa kohteissa, miten ne eroavat toisistaan sekä mitkä tekijät tunnuslukuihin vaikuttavat.

Työ toteutettiin tutustumalla työmaihin ja työmailta tuotettuun aineistoon sekä haastattelemalla yrityksen henkilöstöä. Käytin myös omaa kokemusta hyväkseni, sillä olen työskennellyt molemmissa murskalouhinta- ja asutuskeskuslouhintakohteissa.

Työn tuloksena saatiin selville, millaisia tunnusluvut ovat erilaisissa kohteissa. Työn edetessä saatiin hyvä käsitys siitä millaisia tunnusluvut voivat olla eri kohteissa ja mitkä tekijät vaikuttavat tunnuslukuihin. Työssä pyrittiin myös löytämään syitä mahdollisille eroavaisuuksille tunnusluvuissa. Työn edetessä syntyi kehitysideoita siitä, kuinka työmaalla tuotettua aineistoa ja tiedon keräämistä tulisi kehittää, jotta niistä olisi enemmän hyötyä tulevaisuudessa laskiessa ja suunniteltaessa uusia urakoita.

Asiasanat: ominaisporaus, ominaispanostus, ominaisrikotus

Abstract

Samuel Laitinen

Examination of the mining characteristics, 37 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Civil engineering

Bachelor's Thesis 2018

Instructors: Mr Tuomo Tahvanainen, senior lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Ms Merja Piironen-Salomaa, site engineer, Destia Oy

This bachelor's thesis examines the characteristics of five different mining worksites. The characteristics for drilling, blasting and rock breaking were chosen to be under the examination. Under the examination were working sites which included two open pit blasting sites, two urban mining environment sites and a shaft mining site. The shaft mining site consisted of two shafts. The aim of this study was to clarify what the characteristics were in different worksites, how they differ from each other and which factors influence the characteristics.

The study was conducted by becoming acquainted with the worksites and the data produced by the worksites and interviewing the personnel of Destia Ltd. In this study, I also used my own experience to my benefit, as I have worked in both, urban mining environment and open pit blasting sites. As the result of the study, it was found out what the characteristics were in different worksites. As the study advanced, we got a good insight of what the characteristics can be in different types of worksites and which factors influence the characteristics. This study also strived to find reasons for possible differences in the characteristics.

As the study went along, there were development ideas about how data collection and the data produced in the worksite could be more elaborate, so that it could benefit more in the future regarding calculating and planning on new contracts.

keywords: drilling, blasting, rock breaking

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Avolouhinta	6
2.1	Yleistä	6
2.2	Avolouhintamenetelmiä	6
2.2.1	Pengerlouhinta	6
2.2.2	Kanaalilouhinta	7
2.2.3	Tarkkuuslouhinta	8
2.3	Avolouhintatöiden kustannukset	9
3	Kuilujen ja nousujen louhinta	10
3.1	Kuilun louhinta	10
3.2	Nousunajo	11
3.3	Nousunajo menetelmiä	11
3.3.1	Pitkäreikänousunajo	11
3.3.2	Alimak-menetelmä	12
3.3.3	Täysprofiilinousunajo	14
3.4	Kuilujen ja nousujen kustannukset	14
4	Poraus	16
4.1	Porausmenetelmät	16
4.1.1	Iskuporaus	16
4.1.2	Kiertoporaus	17
4.2	Porauskaluston valinta	17
5	Tarkasteltavat tunnusluvut	20
5.1	Ominaisporaus	20
5.2	Ominaispanostus	20
5.3	Ominaisrikotus	21
6	Työmaiden esittely	22
6.1	Kulmakorpi	22
6.2	Ohkola	23
6.3	Pohjoisbaana	23
6.4	Lentoasema	24
6.5	Sammalvuoren kuilut	25
7	Tunnusluvut	26
7.1	Lähtötiedot	26
7.2	Tunnuslukujen analysointi	29
7.2.1	Murskalouhinta	29
7.2.2	Asutuskeskuslouhinta	30
7.2.3	Kuilun louhinta	32
8	Yhteenvedo ja pohdinta	33
	Kuvat	36
	Kaavat	36
	Taulukot	36
	Lähteet	37

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää ja tutkia viiden eri työmaan toteutuneita tunnuslukuja ominaisporauksen, -panostuksen ja -rikotuksen osalta. Tarkasteltavana on kaksi murskalouhinta, kaksi asutuskeskuslouhintaa ja yksi kuilunlouhintakohde, jossa suoritettiin kahden eri kuilun louhinnat. Tavoitteena on selvittää, millaisia tunnusluvut ovat erilaisissa kohteissa, miten tunnusluvut eroavat toisistaan sekä mitkä tekijät tunnuslukuihin vaikuttavat.

Opinnäyte on rajattu vain viiteen työmaahan ja kolmeen, louhinnan kannalta keskeiseen, tunnuslukuun. Opinnäytetyön alussa käsitellään avolouhinnan ja kuilunlouhinnan eri menetelmiä ja kustannuksia sekä porausmenetelmiä ja porauskaluston valintaan vaikuttavia tekijöitä. Tämän jälkeen tutustutaan tarkasteltaviin tunnuslukuihin sekä työmaihin. Lopussa analysoidaan ja vertaillaan tunnuslukuja eri kohteissa sekä pyritään löytämään syitä mahdollisille eroavaisuuksille. Lopussa pohditaan myös, miten työmaalla tuotettua aineistoa ja tiedon keräämistä tulisi kehittää, että siitä olisi enemmän hyötyä tulevaisuudessa uusien urakoita laskiessa ja suunniteltaessa.

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Destia Oy. Destia on suomalainen infra- ja rakennusalan yritys, joka suunnittelee, rakentaa ja ylläpitää liikenneväylien ja ratojen sekä liikenne- ja teollisuusympäristöjen lisäksi kokonaisiä elinympäristöjä. Destian palveluihin kuuluu niin maanalainen kuin maanpäällinenkin toiminta sekä energia- ja insinöörirakentaminen. Monipuolinen osaaminen mahdollistaa suurien ja edistyksellisten ratkaisujen toteuttamisen. Ratkaisut edistävät turvallista ja sujuvaa liikkumista ja tekevät ympäristöstä pala palalta toimivamman. Destian asiakkaita ovat kaupungit, kunnat, valtionhallinnon organisaatiot sekä teollisuus- ja liikeyritykset. (Destia Oy 2017.)

2 Avolouhinta

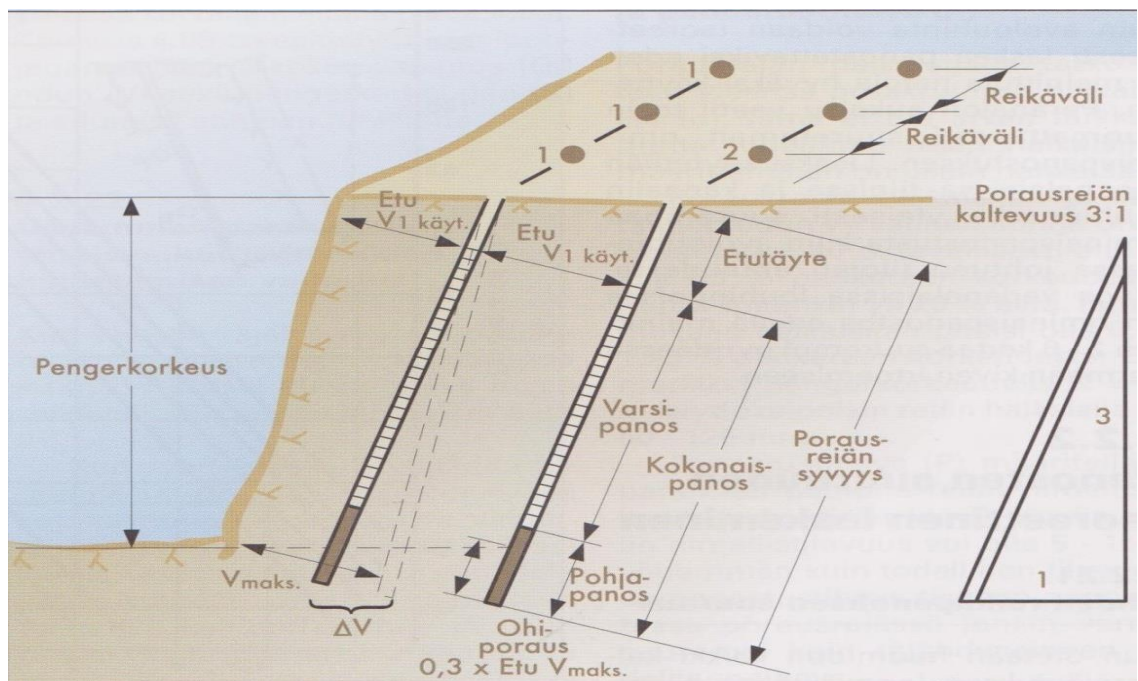
2.1 Yleistä

Louhinta voidaan jakaa avolouhintaan, maanalaiseen louhintaan, tarkkuuslouhintaan ja vedenalaiseen louhintaan. Avolouhinta on sananmukaisesti avoimen taivaan alla tapahtuvaa louhintaa, ja sen vastakohtana voidaan pitää maanalaista louhintaa, joka tapahtuu kalliokaton alla. Avolouhinta voidaan jakaa tavanomaiseen pengerlouhintaan, kanaalilouhintaan sekä tarkkuuslouhintaan. Tavanomainen pengerlouhinta on näistä yleisimmin käytetty menetelmä. (Vuolio & Halonen 2012, 125.)

2.2 Avolouhintamenetelmiä

2.2.1 Pengerlouhinta

Kaikki louhinta on käytännössä pengerlouhintaa. Kuvassa 1 on esitetty pengerlouhinnan keskeisiä käsitteitä. Pengerlouhinnassa käytetään pystysuunnassa hieman kallistettuja reikiä. Yhdessä kentässä on yksi tai useampi rivi reikiä. Yleensä reiät porataan niin, että pohja on kiinteä, mutta on myös tapauksia, joissa reiän pohja on vapaan vaakatason yläpuolella. (Vuolio & Halonen 2012, 125.)



Kuva 1. Pengerlouhinnan käsitteet (Vuolio & Halonen 2012, kuva 4.05)

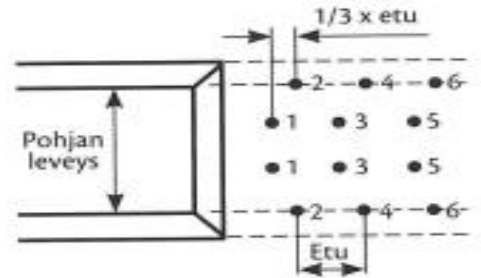
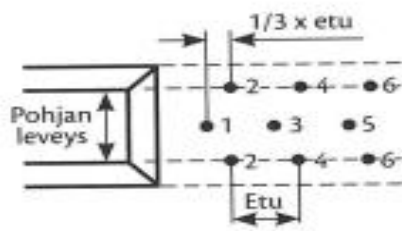
Pengerloughintaa on myös ns. tasausloughinta (nollaloughinta). Se eroaa normaalista pengerloughinnasta siten, että tasausloughinnassa pengerkorkeus on pienempi kuin $2 \times$ maksimietu (V). Tasausloughinnassa pengerkorkeus on tavallisesti 1 m–1,5 m. Tasausloughinnassa käytetään yleensä pientä reikäläpimittaa, $d < 51$ mm. Tiheän rei'ityksen vuoksi ominaisporausta on suuri, koska edun (V) tulee olla pienempi kuin reiän syvyys (H). Tämän takia olisi edullista, jos se vain on mahdollista ja tilaajan hyväksymää, porata enemmän kuin $0,3 \times V$ pohjatason alapuolelle. Tällöin voidaan suurentaa reikäväliä ja etua, jolloin porareikien määrä ja ominaisporausta neliömetriä kohden pienenevät. (Vuolio & Halonen 2012, 155.)

2.2.2 Kanaaliloughinta

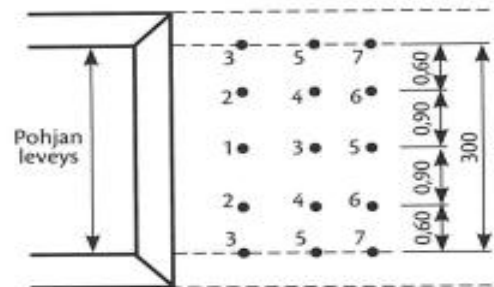
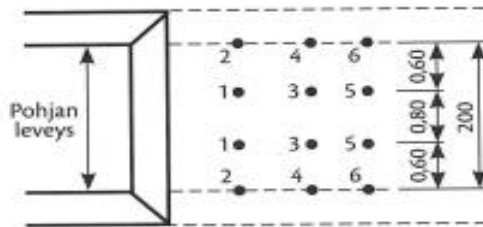
Kanaaliloughinnan ja tavanomaisen pengerloughinnan erottaa se, että kanaaliloughinnassa purkautumiskanava on ahtaampi ja kallion vastajännitys on suuri, joten joudutaan käyttämään suurempaa ominaisporausta ja ominaispanostusta kuin tavanomaisessa pengerloughinnassa. (Vuolio & Halonen 2012, 125.)

Kanaaliloughinnassa reikien oikeanlainen kallistus (3:1) on erittäin tärkeää. Oikeanlainen kallistus vähentää jännitystä reiän pohjalla siten, että kallion irtoaminen ja paisuminen helpottuvat. Tämä korostuu varsinkin syvissä kanaaleissa. Kanaaliloughintaa käytetään paljon myös pengerloughinnassa avausräjäytyksenä ennen varsinaisen loughinnan aloitusta. (Vuolio 2012, 127.)

Kanaaliloughinnassa käytetään kahta eri irrotustapaa: tavanomainen ja varovainen. (ks. kuvat 2 ja 3, s.8). Tavanomaisessa kanaaliloughinnassa keskireiät ovat reunareikien edessä purkautumissuuntaan nähden. Kaikki reiät panostetaan samalla tavalla. Varovaisessa kanaaliloughinnassa pyritään estämään ryöstöjä, joten on edullista porata reuna- ja keskireiät riviin kuten pengerloughinnassa. Tällöin reunareikien uloslyöntikulma suurenee, irtoamisvastus pienenee ja kallion irtoaminen helpottuu. Reunarei'issä varsipanosta voidaan pienentää, mutta keskirei'issä varsipanosta on suurennettava. Kun ominaispanostus on sama molemmissa tapauksissa, on kyseessä vain kaksi eri tapaa sijoittaa räjähdysaine kallioon. (Vuolio 2012, 127-128.)



Kuva 2. Reikäsijoittelu ja sytytys tavanomaisessa kanaalilouhinnassa (Vuolio 2017, kuva 11.11)



Kuva 3. Reikäsijoittelu ja sytytys varovaisessa kanaalinlouhinnassa (Vuolio 2017, kuva 11.12)

2.2.3 Tarkkuuslouhinta

Tarkkuuslouhinta on louhintaa tiettyjen toleranssien tarkkuudella. Tarkkuuslouhinnalla pyritään saamaan louhittava pinta mahdollisimman sileäksi ilman rakoilua. Tarkkuuslouhinnassa louhittavan tilan reunareissä edellytetään tiheämpää ja huolellisempaa porausta kuin normaalissa irrotuslouhinnassa. Reikien panostuksessa käytetään myös kevennettyjä erikoisratkaisuja. Edellä mainituista seikoista johtuen tarkkuuslouhinta on myös kalliimpaa kuin pelkästään kallion rikkomiseen tähtäävä louhinta. Useimmissa kohteissa tarkkuuslouhintaa voidaan kuitenkin pitää kannattavana lopputulosta tarkasteltaessa. Tarkkuuslouhintajälkeä on esitetty kuvassa 4, sivulla 9. (Vuolio & Halonen 2012, 261.)



Kuva 4. Tarkkuuslouhintajälkeä

Tarkkuuslouhinnassa on kaksi eri menetelmää: raonräjäytys ja jälkilouhinta. Raonräjäytyksessä porataan reiät tarkkuuslouhintalinjalle ennen muuta louhintaa. Reiät panostetaan ja räjäytetään, jolloin kallioon syntyy rakolinja. Varsinaisen louhinnan yhteydessä kivi irtoaa rakolinjaa myöten. Jälkilouhinnassa louhitetaan ensin kenttä pois ja jätetään kapea kannas paikoilleen, jonka jälkeen kapea kannas ammutaan tarkkuuslouhintana. Molemmissa menetelmissä on mahdollista tehdä laukaisu muun kentän yhteydessä tai erikseen. (Jääskeläinen 2010, 226.)

2.3 Avolouhintatöiden kustannukset

Louhintatöissä kustannukset voidaan jaotella työkustannuksiin ja yhteiskustannuksiin. Työkustannukset ovat työn tekemisestä aiheutuneita välittömiä kustannuksia. Niiden osuus kaikista kustannuksista on noin 75–80 % ja loput 15–25 % ovat yhteiskustannuksia. (Vuolio & Halonen 2012, 177-178.)

Louhintatöitä suunnitellessa tulee ottaa huomioon, että pelkkä irrottamisen tarkkailu ei aina riitä. Harvaan porattu ja pienellä ominaispanostuksella räjäytetty

kenttä on halpa, mutta louhinnan jälkeiset työvaiheet kuten rikotus, lastaus ja murskaus saattavat tulla hyvinkin kalliiksi. Taulukossa 1 on esitetty avolouhinnan välittömien kustannusten ohjearvoja. (Vuolio & Halonen 2012, 179)

Työvaihe	Kustannusosuus välittömistä kustannuksista %
Poraus	10–25
Panostus	10–20
Kuormaus	15–20
Kuljetus	20–40

Taulukko 1. (Vuolio & Halonen 2012, 179)

Kiven irrotusta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon poraus-, räjähdysaine-, panostus-, räjäytys-, rikotus-, kuormaus- ja mahdolliset murskauskustannukset. Näiden lisäksi louhinnan kokonaiskustannuksiin vaikuttaa kallion laatu, pengerkorkeus, louhintakohteen leveys ja kerralla räjäytettävän kentän koko. Yleisesti ottaen louhinnan hinta on sitä alhaisempi mitä suurempi on irrotettava määrä. (Vuolio & Halonen 2012, 179-182.)

3 Kuilujen ja nousujen louhinta

Vakiopoikkipinta-alaisia kalliotiloja kutsutaan kuiluiksi tai nousuiksi, jos ne poikkeavat vaaka-asennosta niin paljon, ettei niiden tekemiseen voida käyttää pyöräajoneuvoja. Kuilut tehdään ylhäältä alaspäin, kun taas nousut tehdään alhaalta ylöspäin. (Vuolio & Halonen 2012, 236.)

3.1 Kuilun louhinta

Suomessa kuiluja ei ole viime vuosina louhittu, mutta joissakin maissa se on vieläkin varsin yleinen menetelmä kaivostoiminnassa. Yleinen avausmenetelmä kuilunajossa on yleensä ollut viuhka-, aura- tai pyramidikiila. Pyöreissä kuiluissa

menetelmänä on ollut ruuvimaisesti etenevä louhintatapa, jolloin kiven irrotus tapahtuu pengerräjäytyksellä. (Vuolio & Halonen 2012, 236.)

3.2 Nousunajo

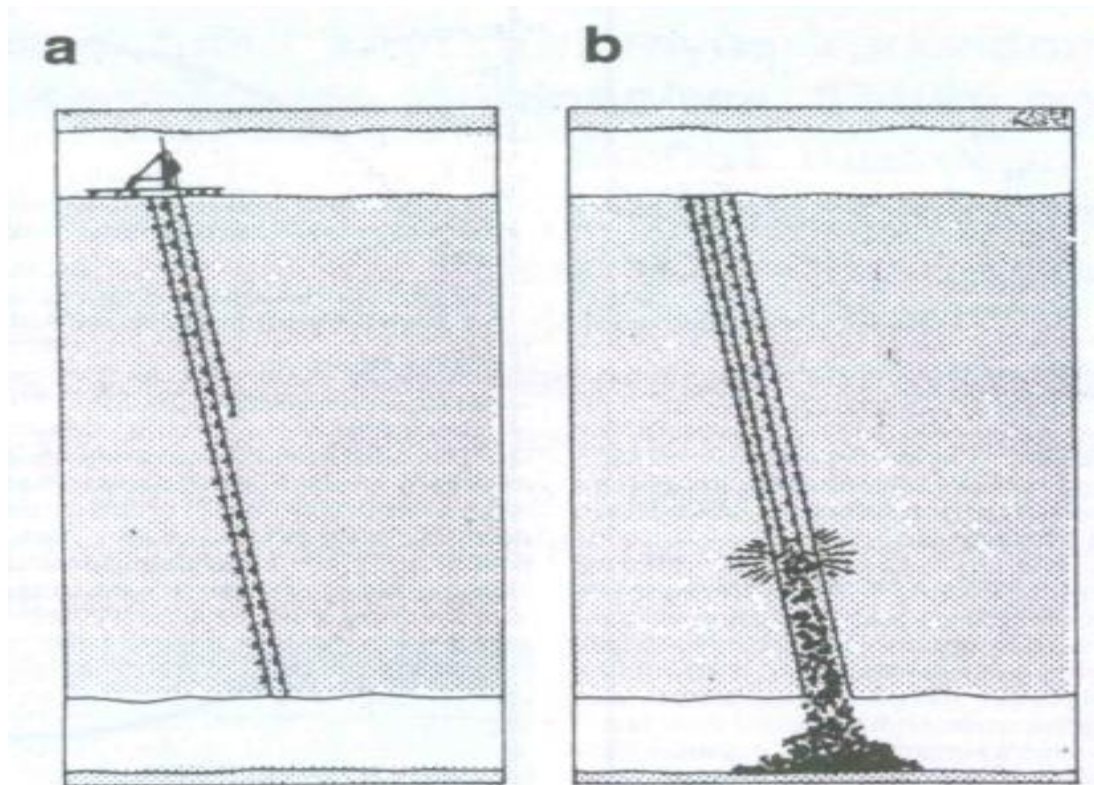
Nousunajo räjäyttämällä voidaan tehdä kahdella tavalla: pitkäreikämenetelmällä tai alimak-menetelmällä. Näiden lisäksi kokoprofiilinousuporaus koneen käyttö on tullut suosituksi varsinkin pitkien nousujen teossa. Kokoprofiiliporaus koneet ovat lähes kokonaan syrjäyttäneet perinteisimmät menetelmät, sillä nousunpo-rausteho, työolosuhteet ja työturvallisuus ovat aivan omaa luokkaansa. (Vuolio & Halonen 2012, 237.)

3.3 Nousunajo menetelmiä

3.3.1 Pitkäreikänousunajo

Pitkäreikämenetelmä on yleisin nousunajoon käytetty menetelmä. Se sopii hyvin jyrkkien nousujen ajoon. Pitkäreikäporauslaitteilla päästään jopa 60 m pitkien nousujen edellyttämään tarkkuuteen. (Lappalainen ym. 2015, 145-146.)

Nousu porataan kerralla halkaisijaltaan 51–65 mm:n rei'illä ja jatkotankokalustolla. Pinta-alaltaan neljän neliömetrin nousuun tarvitaan noin 20–25 reikää. Reiät kartoitetaan ja 2–4 reikää avarretaan suurreikäavaukseen. Porauksessa käytetään ohjaustankoja ja -holkkeja, koska rei'illä on erittäin suuri yhdensuuntaisuusvaade. Nousun loivuus, kivilajikontaktit ja rakoiluvyöhykkeet hankaloittavat porausta. Pitkäreikänousunajon periaate on esitetty kuvassa 5, sivulla 12. (Lappalainen ym. 2015, 145-146.)



Kuva 5. Nousunajoa pitkäreikämenetelmällä (Vuolio & Halonen 2012, kuva 7.55)

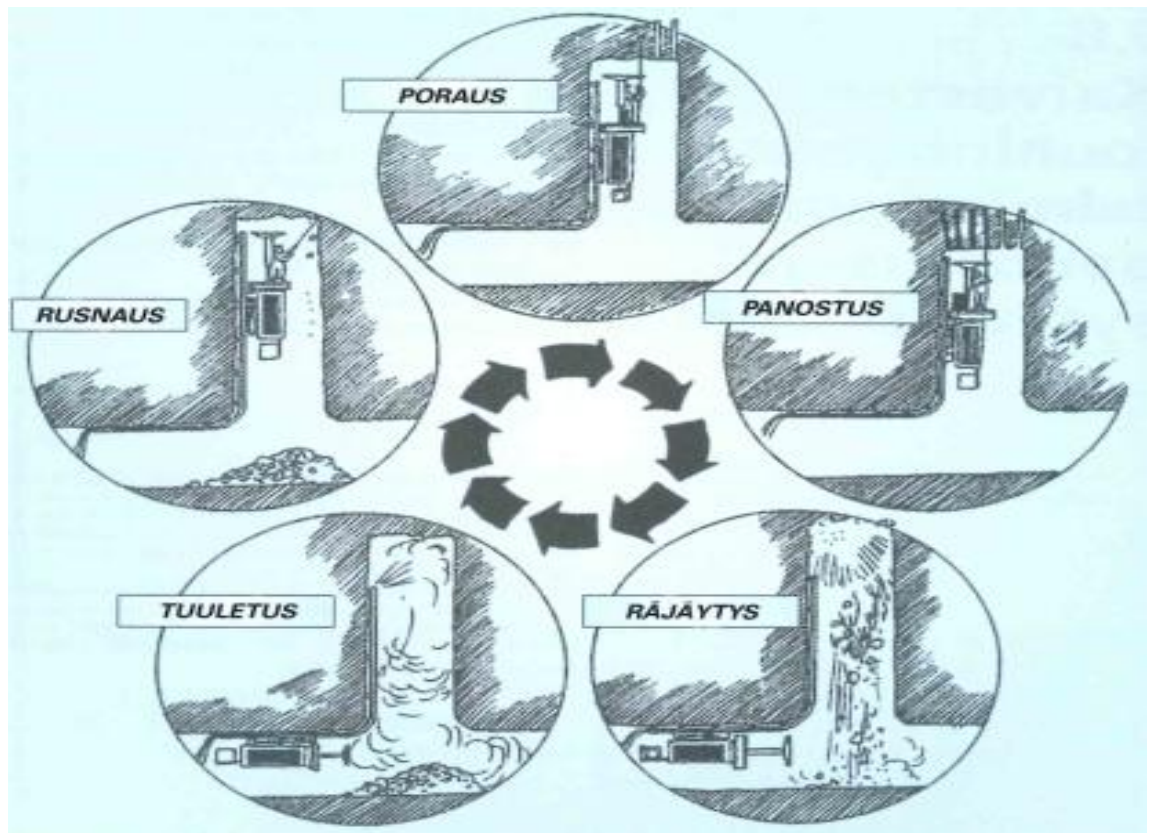
Porauksen alettua on tarkastettava lähtösuunta ja korjattava se oikeaksi tarvittaessa. Poraus on tehtävä pienellä syöttövoimalla. Avausnousun porauksessa yleinen reikäkoko on 64 mm ja avauksen 2–4 mm reikää avarretaan yleensä uppoporalla 150–305 mm kokoisiksi. (Lappalainen ym. 2015, 145-146.)

Nousu panostetaan laskemalla tukot reikien päihin ja räjähdysaine reikien pohjaosiin. Sytytysjärjestys saattaa vaihdella nousun eri osissa reikien taipumien takia. Avaus räjäytetään 2–4 m katkoina ja levitykset 5–8 m katkoissa. Avausräjäytys kulkee tavallisesti muutaman katkon levityksen edellä. (Lappalainen ym. 2015, 145-146.)

3.3.2 Alimak-menetelmä

Alimak-menetelmässä nousun kattoon on rakennettu hammastankokisko, jota pitkin nousunajohissi kulkee paineilma- ja sähkömoottorin käyttämänä. Kiskoelementit ovat kiinnitetty nousun seinämään paisuntakuoripulteilla. Kaarevia elementtejä käyttämällä voidaan muuttaa nousun kaltevuutta tai suuntaa. Porauksessa ja tuuletuksessa tarvittavat vesi- ja paineilma kulkevat kiskoelementtien

putkistossa. Alimak-laitteen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 6. (Lappalainen ym. 2015, 147-148.)



Kuva 6. Alimak-laitteen toimintaperiaate (Vuolio & Halonen 2012, kuva 7.64b)

Hissi koostuu ajomoottorista, vaihteistosta, työlavasta, hissikorista ja komukatoksesta. Nousuun noustaán suojattuna ja poraus sekä rusnaus voidaan tehdä komukatoksen alta käsin. (Lappalainen ym. 2015, 148-149.)

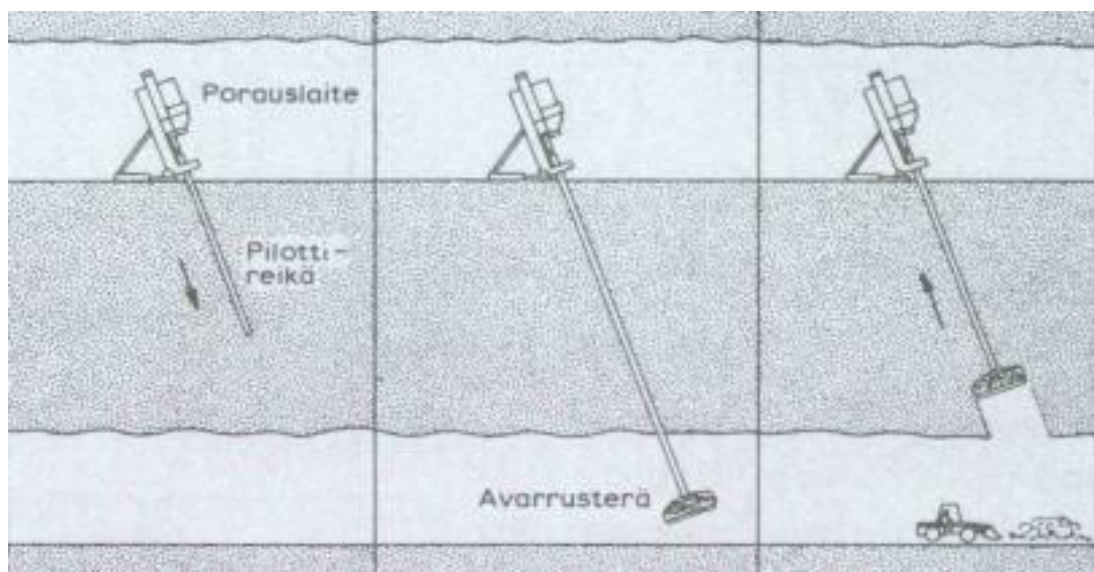
Paineilmamoottorilla päästään noin 100 m pitkiin ja sähkömoottorilla noin 200 m pitkiin nousuihin. Pitemmissä nousuissa ajomoottorin letku tai kaapeli ei kestä omaa painoaan, joten dieselhydraulinen käyttö on mahdollista. (Lappalainen ym. 2015, 148-149.)

Nousunajomenetelmistä, joissa poraaja menee ajon aikana nousuun, alimak-menetelmä on ehdottomasti turvallisin. Alimak-laitteistot mahdollistavat myös porauksen injektointia, louhintaa tai nousun avarrusta varten. (Lappalainen ym. 2015, 148-149.)

3.3.3 Täysprofiilinousunajo

Täysprofiilinousunajo tehdään kiertoporakoneella poraamalla ensin halkaisijaltaan 250–350 mm avausreikä. Tämän jälkeen vedetään avarrusterä kiertoporausena porauslaitteelle. Nousunajolaitteilla voidaan porata halkaisijaltaan 0,6–6 m nousuja ja nousupituus voi olla jopa 1000 m, mutta tavallisesti kuitenkin 200–300 m. Täysprofiiliporauksella voidaan porata myös ylöspäin. (Lappalainen ym. 2015, 146.)

Kalleudesta huolimatta täysprofiilinousunajo on yleistynyt pitkien ja jyrkkien nousujen ajossa, turvallisuuden, nopeuden ja sileiden seinämien takia. Nousunajan aikana nousussa ei tarvitse kulkea eikä seiniä tarvitse rusnata. Nousunajan aikana ei myöskään räjäytetä, joten siitäkään ei aiheudu vaurioita ympäristölle. Nousunajo täysprofiiliporauksella on esitetty kuvassa 7. (Lappalainen ym. 2015, 146.)

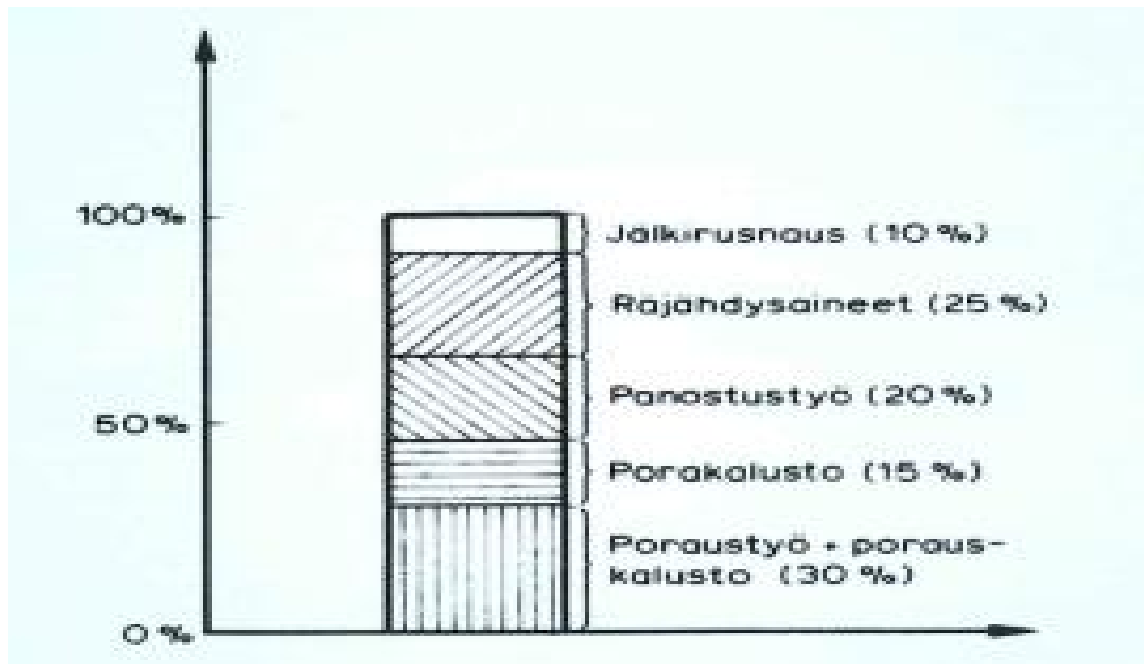


Kuva 7. Nousunajo täysprofiiliporauksella (Vuolio & Halonen 2012, kuva 7.65a)

3.4 Kuilujen ja nousujen kustannukset

Ylhäältä alaspäin tapahtuva kuilun louhinta on hinnaltaan poikkeuksetta, ainakin irrotuksen osalta, kalliimpaa kuin alhaalta ylöspäin tapahtuva nousunajo, jos nousun kaltevuus on yli 50 astetta. Tämä johtuu siitä, että louhe putoaa omalla painollaan alas. Kuilunajo on kalliimpaa irrotus-, kuormaus- ja nostokustannusten osalta kuin nousunajo. (Vuolio & Halonen 2012, 252)

Pitkäreikänousunajo on yleisin ja edullisin menetelmä lyhyissä nousuissa. Pitkäreikänousunajossa saavutetaan varsin suuri teho, sillä koko nousu voidaan porata kerralla valmiiksi ja näin porauskustannukset pienenevät. Rusnaus on myös hyvin pieni kustannuserä, koska nousu rusnataan yleensä vain kerran louhintojen valmistuttua. Pitkäreikänousun kustannusten jakautuminen on esitetty kuvassa 8. (Vuolio & Halonen 2012, 252-253)



Kuva 8. Pitkäreikänousun irtioton kustannusten jakautuminen (Vuolio & Halonen 2012, kuva 7.81)

Alimak-menetelmä kilpailee nykyisin vain täysprofiilinousunajon kanssa. Sen edullisuus on työn tilaajalle riippuvainen vallitsevasta työtilanteesta, sillä laitteiston vaatimat investointikustannukset ovat aiemmin mainittuja menetelmiä huomattavasti suuremmat. (Vuolio & Halonen 2012, 252-253.)

Täysprofiilinousunajo poikkeaa aiemmin mainituista menetelmistä, sillä räjäytyksiä ei tarvita. Työhön tarvittava laitteisto on satojen tuhansien eurojen arvoisen kuin myös porauksessa tarvittavat terät. Laitteiston ja terien kustannukset ovat tässä menetelmässä merkittävimmät, muut kustannukset ovat vähäisempiä. Pitkissä nousuissa, tärinäherkillä alueilla ja huonoissa kivissä täysprofiiliporaus on edullisin menetelmä. Lyhyitä kuiluja ei tällä menetelmällä kannata tehdä. (Vuolio & Halonen 2012, 252-253.)

4 Poraus

Tässä luvussa esitellään porausmenetelmät ja pohditaan porauskaluston valintaan vaikuttavia tekijöitä.

4.1 Porausmenetelmät

Porauksen tarkoituksena on tehdä reikiä kallioon sen irrottamista, tutkimista tai injektointia varten. Porausmenetelmiä ovat iskuporaus, joka jakautuu päältälyövään poraukseen sekä uppoporaukseen ja kiertoporaus, joka jakautuu murskaavaan, leikkaavaan sekä hiertävään kiertoporaukseen. Iskuporaus on yleisimmin käytetty porausmenetelmä. (Lappalainen ym. 2015, 155.)

4.1.1 Iskuporaus

Päältälyövässä iskuporauksessa energia siirtyy porakoneesta poratankoon ja kovametallipalaan eli kruunuun, missä iskuenergia käytetään kiven murskaamiseen. Väliillä on välttämätöntä yhdistää useita poratankoja, jotta päästään haluttuun poraussyvyyteen, poratangot liitetään toisiinsa kierrelitoksia. Jokaisessa liitoksessa iskuaallot vaimenevat 6–10 %. Osittain hävikki johtuu poratangon ja liitosholkin poikkileikkausalojen eroista ja osittain tankojen välisen iskupinnan huonosta kontaktista. Tämän takia kierteet kuluvat ja energia muuttuu lämmöksi. Suurimmat reikäläpimitat iskuporauksessa ovat 165 mm. (Lappalainen ym. 2015, 157.)

Uppoporauksessa energia siirtyy vastaavalla tavalla kuin iskuporauksessa, mutta porakoneen mäntä iskee suoraan kruunun päähän. Tällöin porakone seuraa mukana reikään ja jatkotankojen liitosten aiheuttamalta energiahäviöltä vältytään. Syvissä rei'issä häviöt saattavat olla merkittävät. Uppoporaus soveltuu erittäin hyvin pitkiin reikiin, joissa reikäsuoruuteen kiinnitetään erityistä huomiota. Uppoporauksessa reikäkoot ovat halkaisijaltaan luokkaa 85–1220 mm. (Lappalainen ym. 2015, 157.)

Iskuporaus putkitankokalustolla eroaa päältälyövästä ja uppoporauksesta siinä, että iskuaallot ja pyöritys välitetään kruunuun erikseen. Erilliset poratangot, jotka välittävät iskuaallon ja syöttövoiman, ovat poraputken sisällä ja välittävät

nämä kruunuun iskuenergialla, jossa hävikki on pieni. Tämä toimii siten, että iskutankojen välisessä kontaktipinnassa ei ole kierteitä, jolloin tankojen päät asettuvat optimaalisesti vastakkain. Poraputket ohjaavat iskutangot vastakkain. Iskuporaus putkitankokalustolla yhdistää päältälyövän iskuporauksen nopeuden ja uppoporauksen reikäsuoruuden, jos reiän halkaisija on 90–180 mm. (Lappalainen ym. 2015, 157.)

4.1.2 Kiertoporaus

Murskaava kiertoporausta on alun perin käytetty öljynporauksessa, mutta sitä käytetään myös suurissa avolouhintakohteissa suurien reikien tekemiseen kovissa kivilajeissa. Murskaavassa kiertoporauksessa kivi murretaan kovalla kärkeipaineella, jolloin hammastettua poranterää painetaan alaspäin voimakkaasti. Murskaavassa kiertoporauksessa on kolmikulmainen, kovametallinastoilla varustettu terä. Terä pyörii samanaikaisesti ja irronnut kiviaines poistetaan reiän pohjalta puhaltamalla poranterän läpi paineilmaa. Murskaavassa kiertoporauksessa käytettävät poravaunut ovat suuria ja painavia, reiän halkaisija vaihtelee 200–400 mm välillä. (Lappalainen ym. 2015, 157.)

Leikkaavassa kiertoporauksessa reikä syntyy leikkausvoimalla, joka ylittää kiven vetolujuuden. Poranterä on varustettu kovametalliseoksesta valmistetulla leikkausterällä. Kiven murtamiseen tarvittava energia tuotetaan poratangon vääntömomentilla. Leikkaavaa kiertoporausta käytetään pääsääntöisesti pehmeiden kivilajien porauksessa. (Lappalainen ym. 2015, 157.)

Hiertävässä kiertoporauksessa eli kallionäytekairauksessa käytetään renkaan muotoista terää, joka on varustettu timanteilla. Timantit hiertävät kalliota palasia, kun terää pyöritetään ja painetaan alaspäin reiän pohjaa vasten. Menetelmää käytetään yleensä malmin- ja mineraalietsinnässä. (Lappalainen ym. 2015, 158.)

4.2 Porauskaluston valinta

Maanpäällisessä porauksessa käytettävät laitteet vaihtelevat suuresti työn luonteen ja kohteen mukaan, tämän vuoksi poraustyöstä pyritään saamaan mahdollisimman kannattavaa. Usein käytetään mekanisoituja porauslaitteita, joilla voi-

daan porata jopa 300–450 mm reikiä, mutta välillä kevyet käsikäyttöiset porakoneet ovat käteviä pienissä kohteissa, joissa on pieni määrä louhintaa. Kuvassa 9 on esitetty kevyt poravaunu, joka soveltuu pieniin kohteisiin. (Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982, 221.)



Kuva 9. Stone Scorpion, kevyt poravaunu (Stonepower 2018)

Porareiän halkaisijan ja porauskaavion välinen suhde on perusta sopivan porauskaluston valinnalle. Louhintojen suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös muut perusteet, sillä vain huomioimalla kaikki louhintaprosessin peräkkäiset vaiheet voidaan kustannukset minimoida. Poraus on ensimmäinen työvaihe louhinnassa ja tästä syystä oikeanlaisen porauskaluston valinta on erittäin tärkeää. (Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982, 221.)

Irrotettava kivimäärä vaikuttaa suuresti kaluston valintaan. On otettava huomioon onko louhintatyö pieni vai suuri. Samaa perusperiaatetta käytetään, oli kyseessä sitten pieni 300 kuution tieleikkaus tai suuri avolouhos, jossa vuosituotanto on 50 miljoonaa tonnia. Porauskalusto näissä kohteissa on kuitenkin aivan

erilainen. (Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982, 221-223; Vuolio & Halonen 2012, 139.)

Kallion kovuus, kuluttavuus ja rakenne vaikuttavat suuresti porausmenetelmän ja räjähdysaineen valintaan, niin myös kallion rikkonaisuus ja liuskeisuuden suuntaus. Runsas- ja tiheärakoinen kallio aiheuttaa sen, että reikien tukkeutuksen vuoksi joudutaan poraamaan suurempia reikiä vaikka muut irrotusteknilliset tekijät kuten pengerkorkeus edellyttäisivät pienempien reikien käyttöä. (Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982, 223; Vuolio & Halonen 2012, 139.)

Yleensä porauskalusto valitaan erilaisiin louhintakohteisiin pengerkorkeuden perusteella. Joidenkin tutkimusten mukaan poraustarkkuus pysyy hyvänä 25 m saakka päältätyöväällä porauskalustolla ja 40 metriin saakka uppoporauskalustolla. Murskalouhinnassa reikien taipumat johtaa helposti siihen, että paras pengerkorkeus on 12–16 metriä pienempien poraus- ja rikotuskustannusten takia. Kuormauskaluston kannalta pidetään 30 metrin pengerkorkeutta käytännössä maksimina. Tämä vertailu koskee suuria työmaita, monissa kohteissa on ennalta määrätty pengerkorkeus, joten porauskaavio on sovellettava eri pengerkorkeuksille. Kuvassa 10 on keskiraskas poravaunu, joka soveltuu monenlaisiin kohteisiin. (Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982, 223-224; Lappalainen ym. 2015, 164-165.)



Kuva 10. Sandvik Ranger DX800, keskiraskas poravaunu (Sandvik 2018)

Kun pengerkorkeus on valittu, valitaan reikäkoko. Reikäkoon valintaan vaikuttavat louhittava määrä, lohkokoko, pengerkorkeus, kiviaineksen käyttötarkoitus,

kalusto sekä tärinä- ja muut ympäristörajoitukset. Jos kallion syvyys on pienempi kuin 12–15 metriä, pengerkorkeus määrää reikäkoon. Jos kallion syvyys on suurempi kuin 12–15 metriä, irrotettava määrä ja lohkokoko määräävät reikäkoon. Lohkokokoolla on aina suuri merkitys. (Lappalainen ym. 2015, 165-166)

5 Tarkasteltavat tunnusluvut

Tässä luvussa on esitelty tunnusluvut, joita tutkitaan tässä opinnäytetyössä. Kyseiset tunnusluvut ovat louhinnan kannalta hyvin keskeisiä ja ne muodostavat kustannuksista suuren osan.

5.1 Ominaisporaus

Ominaisporaus on yhden kuutiometrin irrottamiseen tarvittava porametrimäärä (porametrejä/m³). Tavanomaisessa pengerylouhinnassa ominaisporaus on luokkaa 0,1–0,7 pom/m³. Ominaisporaus vaihtelee kuitenkin aina tapauskohtaisesti riippuen louhittavasta kohteesta, louhintamenetelmistä tai kallion ominaisuuksista. Kohteissa, esimerkiksi kaivoksilla ja louhoksilla, joissa ei irtoamisen tarvitse rajoittua tarkasti tietyille alueille, saadaan ominaisporaus laskettua kaavasta $b = \frac{H}{V_1 \times E_1 \times K}$ (1), missä b on ominaisporaus (pom/m³), H on porareian syvyys (m), V_1 on etu (m), E_1 on reikäväli (m) ja K on pengerkorkeus (m). (Vuolio & Halonen 2012, 141, 150.)

Jos irrotuksessa on määritelty tarkat rajat, esimerkiksi tieleikkauksissa ominaisporaus voidaan laskea kaavasta $b = \frac{n \times H}{B \times V_1 \times K}$ (2), missä b on ominaisporaus (pom/m³), n on reikiä/reikäriivi (kpl), H on porareian syvyys (m), B on räjäytettävän kentän leveys (m), V_1 on etu (m) ja K on pengerkorkeus (m). (Vuolio & Halonen 2012, 150.)

5.2 Ominaispanostus

Ominaispanostus on kallion rikkomiseen tarvittava räjähdysainemäärä (kg/m³). Kokemuksien ja käytännön räjäytystöiden mukaan kiven irrottamiseen tarvittava räjähdysainemäärä avolouhinnassa 1–15 metrin pengerkorkeuksilla on noin 0,4 kg/m³. Vaikka ominaispanostus 0,4 kg/m³ on usein riittävä, on kohteita, joissa

kuitenkin tarvitaan kiven irrottamiseen suurempi ominaispanostus. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi kohteet, joissa on ahtaat ja pienet tilat, matalat penkereet sekä kivilaji sitkeä tai rikkonainen. Jos irrotettava kivi on menossa murskattavaksi ja käytössä on 64 mm tai suurempi reikäkoko, on ominaispanostus normaalisti 0,6–1,0 kg/m³. Korkeampaa ominaispanostusta käyttämällä lohkokoko saadaan pienemmäksi ja näin kivi saadaan kokonaistaloudellisemmin hienonnettua. Sopivaan lohkokokoon pyrittäessä ominaispanostus on yleensä sitä suurempi mitä suurempi on reikäkoko. Suurta reikäkokoä käytettäessä ruutukoko on harvempi kuin pieniä reikiä käytettäessä, joten ominaispanostusta on lisättävä, jotta kallio rikkoutuu myös reikien keskiväliltä. Avolouhinnassa ominaispanostus on pääsääntöisesti 0,4–1,2 kg/m³. (Vuolio & Halonen 2012, 101–104.)

Kohteissa, joissa irtoamisen ei tarvitse rajoittua tarkasti tietyille alueille, ominaispanostus voidaan laskea kaavasta $q = \frac{Q_t}{V_1 \times E_1 \times K}$ (3), missä q on ominaispanostus (kg/m³), Q_t on reikäpanos (kg), V_1 on käytännön etu (m), E_1 on käytännön reikäväli ja K on pengerkorkeus (m). (Vuolio & Halonen 2012, 152.)

Jos irrotuksessa on määritelty tarkat rajat, voidaan ominaispanostus laskea kaavasta $q = \frac{n \times Q_t}{B \times E_1 \times K}$ (4), missä q on ominaispanostus (kg/m³), n on reikämäärä/reikäriivi, Q_t on reikäpanos (kg), B on räjäytettävän kentän leveys (m), E_1 on käytännön reikäväli (m) ja K on pengerkorkeus (m). (Vuolio & Halonen 2012, 152.)

5.3 Ominaisrikotus

Rikotuksella tarkoitetaan louhinnan jälkeistä työvaihetta, jossa ylisuuret lohka-reet rikotetaan pienemmiksi louheen käsittelyä tai murskausta varten. Työvaiheena rikotus on hyvin kallista, joten usein on kannattavampaa lisätä ominaisporausta ja panostusta ja näin pienentää lohkokokoä, jolloin louheen käsittely on helpompaa. Rikotukseen käytetään yleensä hydraulista iskuvasaraa (Kuva 11), joka on asennettu kaivinkoneen puumiin. (Vuolio & Halonen 2012, 177.)



Kuva 11. Hydraulinen iskuvasara (Marakon 2018)

Ominaisrikotus on arvo, jossa verrataan rikotukseen käytettyä rahamäärää irrotettuihin kuutioihin (€/m³). Murskalouhinnassa ominaisrikotuksen arvo on luokkaa 0,50–0,70 €/m³, muissa kohteissa se saattaa vaihdella hyvinkin paljon riippuen kohteesta. Ominaisrikotuksen arvo voidaan laskea kaavasta $G = \frac{\text{€}}{m^3 ktd}$ (5), missä G on ominaisrikotus, € on rikotukseen käytetyt todelliset kustannukset (€) ja $m^3 ktd$ on irrotetut kiintotodelliset kuutiometrit. Jos todellisia kustannuksia ja irrotettua kuutiomäärää ei tiedetä, voidaan ominaisrikotuksen tunnusluku laskea myös teoreettisilla arvoilla kaavasta $G = \frac{\text{€}_{tr}}{m^3 ktr}$ (6), missä €_{tr} on rikotukseen käytettävät teoreettiset kustannukset (€) ja $m^3 ktr$ on irrotetut kiintoteoreettiset kuutiometrit. (Kurteshi 2017.)

6 Työmaiden esittely

Tässä luvussa esitellään opinnäytetyöhön valitut työmaat: kulmakorpi, ohkola, pohjoisbaana, lentoasema ja sammalvuoren kuilut.

6.1 Kulmakorpi

Kulmakorpi sijaitsee Espoon kaupungissa, Kolmperässä, Jersimäen ja Takapelion kallioalueilla. Alueella on Espoon kaupungin maanläjitysalue, jossa Rudus Oy murskaa kiviainesta. Tilaajana toimi Rudus Oy.

Destia on louhinut kiviainesta Kulmakorvessa alkuvuodesta 2011 kesäkuuhun 2017. Vuosittain Kulmakorvessa irrotettiin noin 300 000–550 000 kuutiota kiviainesta murskaustuotannosta riippuen. Kohteena Kulmakorpi on hyvin tyypillinen murskalouhinta kohde. Alueen välittömässä läheisyydessä ei ole asuinrakennuksia tai yleisiä teitä, jotka rajoittaisivat louhintoja. Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat noin 650 metrin päässä louhittavasta alueesta. Keskimääräinen pengerkorkeus oli noin 15 metriä ja kerralla irrotettava määrä oli pääsääntöisesti 15 000–20 000 kuutiota.

Kalustona Kulmakorvessa käytettiin Destian omaa keskiraskasta päältälyövää poravaunua, jolla porattiin pääsääntöisesti 89 mm halkaisijaltaan olevia reikiä.

6.2 Ohkola

Ohkola sijaitsee Mäntsälän kunnassa, Nummisten kylässä Saharintiellä NCC Ohkolan kallioulouhoksessa, jossa NCC murskaa kiviainesta. Tilaajana toimii NCC.

Destia on louhinut kiviainesta alkuvuodesta 2016 alkaen ja louhinnat jatkuvat edelleen. Vuosittain irrotettava määrä on noin 150 000–500 000 kuutiota murskaustuotannosta riippuen. Ohkola on Kulmakorven tapaan hyvin tyypillinen murskalouhinta kohde. Louhittavan alueen välittömässä läheisyydessä ei ole asutusta eikä yleistä liikennettä. Lähimmät asuinrakennukset sijaitsevat noin 900m päässä ja Lahden moottoritie ja oikorata noin 350–600 metrin päässä, riippuen mistä kohtaa louhosta louhitaan. Pengerkorkeus Ohkolassa on keskimäärin 9–12 metriä ja kerralla irrotettava määrä on pääsääntöisesti 10 000–17 000 kuutiota.

Ohkolassa kalustona käytetään Destian omaa keskiraskasta päältälyövää poravaunua, jolla porataan pääsääntöisesti 89 mm halkaisijaltaan olevia reikiä.

6.3 Pohjoisbaana

Hanke sijaitsi Helsingissä, Pasilan ja Käpylän kaupunginosissa. Hanke käsitti Helsingin kaupungin Baanaverkoston Pohjoisbaanan rakentamisen välillä Ratapihantie – Käpylän asema. Kyseessä on pyöräilyn laatureitin mukaisen kevyenliikenteen väylän rakentaminen metsäiseen ja kallioiseen, vaikeakulkuiseen

maastoon. Hanke sijaitsi pääasiassa Liikenneviraston rautatiealueella ja osittain Louhen puistossa. Pohjoisbaana on 1,6 kilometriä pitkä, pyörätien leveys 4 metriä ja jalkakäytävän leveys 2 metriä. Tilaajana hankkeessa toimi Helsingin kaupunki.

Irrotettavaa kiviainesta Pohjoisbaanalla oli noin 22 000 kuutiota. Kohde sisälsi pengerlouhintaa, kanaalilouhintaa sekä tarkkuuslouhintaa. Louhinnat kestivät syyskuusta 2016 huhtikuuhun 2017. Räjähdyksiä sai suorittaa vain yö aikaan klo 02:30–03:00, joka toinen viikko ympäristöluvasta johtuen. Junaliikenne katkaistiin louhintoja lähimmältä raiteelta 00:00–05:00, jonka aikana täytyi suorittaa panostustyöt, täkkäys ja radan suojaustyöt. Tämä rajoitti louhintojen suunnittelua ja toteutusta merkittävästi varsinkin kenttäkokojen suhteen.

Pohjoisbaana oli kohteena vaativa asutuskeskuslouhinta kohde. Louhittava kallio oli junaradasta lähimmillään 2,5 metrin päässä ja lähimmät asuinrakennukset noin 100 metrin päässä. Sekä asutus että junaliikenne olivat rajoittavia tekijöitä suunniteltaessa ja toteuttaessa louhintoja. Louhittavan kallion pengerkorkeus oli korkeimmillaan 12 metriä ja louhinta tehtiin pääasiassa kahdessa kerroksessa, korkeimmassa kohdassa kolmessa kerroksessa. Pengerkorkeus oli maksimissaan 4 metriä ja kerralla irrotettava määrä vaihteli muutaman kymmenen kuution ja 400 kuution välillä.

Pohjoisbaanalla kalustona käytettiin Destian omia keskiraskaita ja kevyitä päältylöviä poravaunuja, joilla porattiin 51–64 mm halkaisijaltaan olevia reikiä.

6.4 Lentoasema

Lentoaseman työmaa sijaitsee Vantaalla, Helsinki–Vantaan lentoaseman alueella. Louhinnat liittyvät Helsinki–Vantaan lentoaseman laajennukseen, jossa tavoitteena on vaihtoliikennekapasiteetin kehittäminen. Tilaajana hankkeessa toimi Finavia.

Louhintoja suoritettiin lentoasemalla joulukuusta 2015 lokakuuhun 2017, jonka aikana irrotettiin yhteensä noin 203 100 kuutiota kalliota. Lentoaseman louhinnat sisälsivät pengerlouhintaa, taseus- eli nollalouhintaa, kanaalilouhintaa sekä tarkkuuslouhintaa. Lentoasema ympäristönä on louhintatöiden kannalta hyvin

haastava sillä lentokoneet, muu lentokenttäliikenne ja henkilöstö olivat aivan louhittavien kohteiden vieressä. Nämä tekijät vaikuttivat oleellisesti louhintatöiden toteutukseen ja suunnitteluun. Räjäytystöistä ilmoitettiin kellonaika ja alue lentokentän eri toimijoille päivä ennen räjäytyksiä. Myös tämä aiheutti omat rajoitteensa louhintojen kannalta. Ympäristössä oli useita tärinäherkkiä kohteita esimerkiksi työmaalla tehtävät valutyöt ja kehäradan tunneli, jotka aiheuttivat rajoitteita louhinnalle. Pengerkorkeus vaihteli alle metristä kuuteen metriin ja kerralla irrotettava määrä vaihteli muutamasta kymmenestä kuutiosta 4000 kuutioon.

Porauskalustona lentoasemalla käytettiin pääsääntöisesti Destian omaa keskiraskasta ja kevyttä päältälyövää kalustoa, jolla porattiin 38–70 mm halkaisijaltaan olevia reikiä.

6.5 Sammalvuoren kuilut

Sammalvuoren kuilut sijaitsivat Espoon Sammalvuorella Länsimetron metrovarikkourakan alueella. Urakkaan kuului Sammalvuoren metrovarikon kuilujen P5.1 ja HSK- louhintatyöt. Työn tilaaja oli Kalliorakennus-yhtiöt Oy.

Louhintatyöt suoritettiin tammikuusta maaliskuuhun 2017. HSK-kuilu oli 34 metriä ja P5.1 oli 24 metriä pitkä. Yhteensä molemmissa kuiluissa oli louhittavaa noin 4900 kuutiota. Menetelmänä molemmissa kuiluissa käytettiin pitkäreikämenetelmää, sillä se oli nopein ja taloudellisin vaihtoehto. Kuilut olivat niin lyhyitä, ettei täysprofiilinousunajo tai alimak-menetelmä, jota muutenkin nykyään käytetään todella vähän, tullut kysymykseen. Molemmat kuilut sijaitsivat asutuskeskuksessa. P5.1 kuilusta 25 metrin päässä kulki vilkkaasti liikennöity Länsiväylä sekä vieressä oli myös liikerakennus ja polttoainekylmä-asema. HSK-kuilun vieressä oli vesitorni sekä teitä ja katuja. Vaikka kuilut sijaitsivat haasteellisissa paikoissa, eivät tärinät, liikenne tai muut lähellä olevat kohteet aiheuttaneet rajoituksia louhintojen toteutuksessa.

Kuiluilla käytettiin porauskalustona Destian omia päältälyöviä poravaunuja, joilla tehtiin 70 mm halkaisijaltaan olevia reikiä. Suurreikiä oli molemmissa kuiluissa 3 kappaletta ja ne avarrettiin niin, että niiden halkaisija oli 127 mm. Molemmissa kuiluissa oli porauksen osalta haasteita. Kivi oli osittain niin pehmeää ja ruhjeis-

ta, jonka vuoksi reiät lähtivät kiertämään. Tämän vuoksi erilaisia tankoja ja kruunuja kokeiltiin, lopulta haluttuun tarkkuuteen kuitenkin päästiin.

7 Tunnusluvut

7.1 Lähtötiedot

Tunnusluvut työmaille sain työmailta tuotetuista aineistoista. Jokaisesta työmaasta on tuotettu työmaan ns. ID-kortti (Kuva 12, s. 27), jossa on esitetty kaikki urakan tiedot ja tunnusluvut. ID-kortin idea on, että saadaan jokaisesta toteutetusta työmaasta kootuksi toteumatiedot helposti ymmärrettävään muotoon kaikkien käyttöön. Tietoja pystytään hyödyntämään laskettaessa ja suunniteltaessa uusia urakoita. Toteutuneista työmaista saatu tieto ja sen kerääminen on ensiarvoisen tärkeää.

Työmaan ID -kortti

Toteutunut				
Resurssit	Määrä	Yksikkö	€/yks.	Yhteensä
<u>Louhintamäärä</u> <u>Louhinta-aika</u> <u>Varottava etäisyys</u> <u>Sallittu max. kiihtyvyys</u> <u>Sallittu max. heilahdus (100m)</u> <u>Räjähteet</u> Kokonais räjähdysaine määrä Nallit ja hidasteet <u>Toteutusresurssit</u> Poraus Panostus Täkkäys Rikotus Kauha Palvelut Yhteiskustannukset <u>Muut</u> Projektin muut kustannukset <u>Yhteensä</u> Menot Tulot <u>Pelkkä irrotus</u> <u>Kokonaisyksikköhinta</u> <u>Kapasiteetti:</u> <u>Ominaispanostus</u> <u>Ominaisporaus</u> <u>Ominaisrikotus</u> <u>Kate</u>				
<u>Työn / työvaiheen kuvaus:</u>				
<u>Toteutusaikataulu:</u>				
<u>Toteutus- ja tärinolosuhteet:</u>				
<u>Analyysi toteutuneiden ja laskettujen kustannusten eroon vaikuttaneista tekijöistä:</u>				
<u>Tulevissa tarjous/toteutusprojekteissa huomioon otettavia asioita:</u>				

Kuva 12. Työmaan ID-korttipohja

Tarkasteltaviksi tunnusluvuiksi valikoitui ominaisporaus (pom/m^3), ominaispanostus (kg/m^3) ja ominaisrikotus (€/m^3). Nämä tunnusluvut ovat louhinnassa tärkeimpiä tunnuslukuja laskettaessa ja suunniteltaessa urakoita, sillä ne muodostavat louhinnan hinnasta suurimman osan. Ominaisporauksen tunnusluku on saatu jakamalla kaikki työmaalla poratut metrit, mukaan lukien ohiporaus,

louhituilla todellisilla kuutioilla, pois lukien tarkkuuslouhinnasta aiheutuneet metrit. Ominaispanostuksen tunnusluku on saatu jakamalla työmaalla käytettyjen räjähteiden kilomäärä louhituilla todellisilla kuutioilla, pois lukien tarkkuuslouhinnassa käytetyt räjähteet. Ominaisrikotuksen tunnusluku on saatu jakamalla kaikki rikotukseen käytetyt eurot louhituilla todellisilla kuutioilla. Tarkkuuslouhinta ei ole otettu tunnusluvuissa huomioon sillä tarkkuuslouhinnassa on yleensä työselostuksessa kerrottu tietyt toleranssit sekä useasti myös maksimi reikäväli, joten tarkkuuslouhinnassa ei ole juurikaan muuttujia, joihin pystytään vaikuttamaan.

Tarkasteltaviksi työmaiksi valikoitui viisi eri työmaata, kaksi murskalouhintakohdetta, kaksi vaativaa asutuskeskuslouhintakohdetta sekä yksi kuilunlouhintakohde, jossa louhittiin kaksi eri kuilua. Valitsin erityyppisiä kohteita siksi, että saadaan selville, millaisia tunnusluvut ovat eri kohteissa ja mitkä tekijät tunnuslukuihin vaikuttaa. Valitsin tarkasteltavaksi useamman työmaan, jotta pystyin vertailemaan samankaltaisia kohteita keskenään. Taulukossa 2 on esitetty työmaiden tunnusluvut.

Työmaa	Ominaisporaus (pom/m³)	Ominaispanostus (kg/m³)	Ominaisrikotus (€/m³)
Kulmakorpi	0,13	0,61	0,61
Ohkola	0,14	0,72	0,60
Pohjoisbaana	0,82	0,46	1,53
Lentoasema	0,40	0,57	0,50
Sammalvuoren kuilut	2,06	2,00	-

Taulukko 2. Työmaiden tunnusluvut.

7.2 Tunnuslukujen analysointi

7.2.1 Murskalouhinta

Kuten aiemmin on todettu, Kulmakorpi ja Ohkola ovat tavanomaisia murskalouhinta kohteita, joiden lähellä ei ole asutusta, liikennettä tai muuta toimintaa, jotka rajoittaisivat louhintoja. Molempien työmaiden tunnuslukuja katsottaessa, huomataan, että ne ovat hyvin tyypillisiä murskalouhinnan lukuja, eikä poikkeamia juuri ole. Molemmat urakat ovat pitkäkestoisia, joten poraus ja panostus on pystytty optimoimaan ja hakemaan sopivia ratkaisuja siten, että siitä on suurin hyöty kaikille osapuolille laadusta tinkimättä.

Molemmissa kohteissa pystyttiin irrottamaan suuria määriä kerralla, kohtuullisen isoa ruutu- ja reikäkokoa käyttäen. Ohkolassa on porattu kentät hieman pienempään ruutuun kuin Kulmakorvessa, johtuen siitä että pengerkorkeus on matalampi. Tästä syystä ominaispanostuksen tunnusluku on myös Ohkolassa hieman suurempi. Isosta ruutukoosta huolimatta lohkokoko pysyi sopivana eikä näin ollen haitannut ja hidastanut lastausta ja murskausta ja lopputuotteen laatu pysyi hyvällä tasolla ja täytti sille asetetut vaatimukset. Ominaisporauksessa ja panostuksessa tulee ottaa huomioon, millaista kiviainesta ollaan tekemässä. Esimerkiksi jos tehdään raidesepeliä, kiviaineksen hienoainespitoisuuden tulee olla mahdollisimman pieni, mikä tarkoittaa, että silloin ei voi käyttää tarpeettoman suurta ominaisporausta ja panostusta. Kulmakorvessa ja Ohkolassa on hyvin samantyyppinen ns. helppo kivi louhinnan kannalta, joka sallii melko suuren ruutukoon käyttämisen ja silti lohkokoko pysyy hyvällä tasolla.

Joissain paikoissa Kulmakorvessa on louhittu kahdessa tasossa. Ensin on louhittu ns. välitasolle, josta jatkettu louhintoja pohjatasolle saakka. Tällä tavoin pengerkorkeus saadaan pidettyä maltillisena, mikä edesauttaa sitä, että poraustarkkuus pysyy vaaditulla tasolla eikä aiheuta turhia kiven sinkoiluja tai ylimäärisiä poraus-, panostus-, lastaus tai rikotuskustannuksia, jos kynsiä joudutaan poraamaan tai käsittelemään ylisuuria lohkokkeita.

Ominaisrikotus molemmissa kohteissa saatiin pidettyä myös hyvällä tasolla. Murskalouhinta kohteissa rikotus on aina suuri kustannus. Se johtuu osittain siitä että, montuilla joudutaan pitämään rikotuskonetta välillä ns. varalla, koska

koko ajan sillä ei ole rikotettavaa. Useimmiten rikotus on ostettu alihankintana, joten alihankkijoiden kannalta ei ole kannattavaa, jos seisotetaan konetta ja vain muutamana päivänä viikossa tehdään töitä, harva suostuu tällaiseen. Rikotuksen tunnuslukua saadaan parannettua, jos montulla on rikotuksen lisäksi tarjota koneelle muitakin töitä, esimerkiksi teiden tekoa poravaunulle tai kalliopintojen puhdistusta uusien kenttien poraamista varten. Yksi vaihtoehto on, jos lähellä on muita monttuja tai työmaita, jossa kaivinkonetta voidaan käyttää. Tällöin voidaan selvittää yhdellä kaivinkoneella 2–3 työmaasta. On halvempaa siirtää rikotuskonetta lavetilla lyhyitä matkoja kuin seisottaa sitä työmaalla, jossa sitä ei juuri sillä hetkellä tarvita.

7.2.2 Asutuskeskuslouhinta

Pohjoisbaana ja Lentoasema ovat molemmat asutuskeskuslouhintakohteita mutta poikkeavat kuitenkin toisistaan tunnuslukujen osalta. Pohjoisbaanalla junaliikenne oli rajoittava tekijä, jonka ehdoilla toimittiin, ja Lentoasemalla lentoliikenne. Olosuhteet työmailla olivat hyvin erilaiset. Lentoasemalla pengerkorkeus vaihteli alle metristä kuuteen metriin ja työmaa-alue oli eristetty. Pohjoisbaanalla pengerkorkeus oli korkeimmillaan 12 metriä ja louhittava kallio oli 2,5–4 metrin päässä junaradasta. Vaikka raiteet suljettiin liikenteeltä räjäytyksien ajaksi, rata-alueelle ei saanut sinkoilla kiviä.

Ominaisporauksen tunnusluku oli Pohjoisbaanalla 0,82 pom/m³, mikä on hieman korkeampi kuin tavanomaisessa pengerlouhinnassa. Ominaisporauksen korkea arvo johtuu kahdesta asiasta. Junaradan puoleinen reuna, noin 2,5 metriä leveä alue kallioista, jouduttiin poraamaan hyvin tiheään ja panostamaan hyvin kevyesti, sillä rata-alueelle ei saanut pudota tai sinkoilla kiviä. Tavoitteena oli käytännössä räjäyttää kivi vain paikalleen ja räjäytyksen jälkeen kaivinkoneella siirtää lohkat kaudemmaksi reunasta. Muu alue pystyttiin kuitenkin poraamaan tavanomaisen pengerlouhinnan menetelmin. Toinen syy korkeaan ominaisporaukseen on se, että rakolinjan puoleisen reunan ojaan jäi jonkin verran kynsiä, joita jouduttiin poraamaan ja räjäyttämään uudestaan kanaalilouhinnan menetelmin.

Lentoasemalla ominaisporauksen tunnusluku oli 0,40 pom/m³, mikä on melko normaali tunnusluku tavanomaisessa pengerlouhinnassa asutuskeskuksessa. Lentoasemalla kuitenkin varauduttiin korkeampaan ominaisporauksen tunnuslukuun nollalouhinnan suuren määrän vuoksi. Työn edetessä kuitenkin selvisi, että voimme porata nollalouhinta-alueet ylisyviksi, jolloin ruutu- ja reikäkokoa pystyttiin kasvattamaan ja ominaispanostuksen tunnusluku käytännössä puolittui ja irrotusteho kasvoi. Tämä myös nopeutti louhintoja huomattavasti.

Ominaispanostuksen tunnusluku oli molemmilla työmailla ennalta suunnitellun mukainen. Ne vastaavat tavanomaisen pengerlouhinnan tunnuslukuja asutuskeskuslouhinnassa. Lentoaseman ominaispanostus verrattuna Pohjoisbaanan tunnuslukuun on hieman korkeampi, kanaalilouhinnan määrän takia. Lentoaseman nollalouhinnoissa kasvatettiin ruutu- ja reikäkokoa, niin panostusaste reikää kohden kasvoi hieman, mutta kenttää kohden ominaispanostus kuitenkin pieneni.

Ominaisrikotus Lentoasemalla oli ennalta suunniteltua parempi. Tämä johtuu hyvin onnistuneesta porauksesta ja panostuksesta, myös kiven laatu oli pääsääntöisesti hyvää ja kivi lohkaroitui hyvin. Myös rikotuskoneen kuljettaja oli työssään hyvin tehokas. Ominaisrikotuksen tunnuslukua olisi voinut parantaa, jos kanaaleihin ei olisi jäänyt odotettua enemmän kynsiä, joita jouduttiin jälki käteen rikottamaan.

Pohjoisbaanalla ominaisrikotuksen tunnusluku on liian korkea. Ominaisrikotuksen korkea arvo johtuu siitä, että erityisesti junaradan puoleisesta reunasta, josta panostettiin hyvin kevyesti, jäi isoja lohkareita. Vaikka reuna oli tiheästi porattu, ei se auttanut ongelmaan, sillä kallion junaradan puoleinen reuna on kertaalleen louhittu junaradan rakentamista varten, mikä on rikkonut kallion pintaa ja synnyttänyt rakoja, joihin räjähdysaineen voima katoaa eikä kivi lohkaroidu tarpeeksi pieneksi. Osa isoista lohkareista ammuttiin rikkoräjäytyksinä, mutta suuri osa jouduttiin rikottamaan, johtuen rajallisesta ajasta yöllä. Tämän takia yöllä keskityttiin vain päämassojen louhintaan ja katsottiin paremmaksi vaihtoehdoksi rikottaa ylisuuret lohkarreet, sillä rikotusta sai tehdä myös päivällä sekä väliviikoilla, jolloin räjäytyksiä ei saanut suorittaa. Myös rakolinjan puolelle ojaan

jäi odotettua enemmän kynsiä, joista osa päätettiin rikottaa mieluummin kuin käyttää aikaa yöllä niiden räjäyttämiseen.

7.2.3 Kuilun louhinta

Sammalvuoren kuiluista molemmat tehtiin pitkäreikämenetelmällä, joka nykyään on vakiintunut käytäntö lyhyissä kuiluissa (alle 60 m). Tunnuslukujen osalta ei ollut suuria poikkeamia odotuksiin nähden.

Kiven laatu oli molemmissa kuiluissa osittain todella huonoa. Tämä aiheutti hankaluuksia porauksessa ja hukkametrejä syntyi noin 13 %. Haasteista huolimatta poraus onnistui kaiken kaikkiaan hyvin. Ominaisporauksen tunnusluku 2,06 pom/m³ on tyypillinen luku kuilunlouhinnassa. Hukkametrit mukaan laskettuna tunnusluku olisi 2,33 pom/m³.

Ominaispanostuksen tunnusluvuksi saatiin 2,00kg/m³, mikä sekin on tyypillinen luku kuilunlouhinnassa. Kuitenkin työmaalta saatujen tietojen mukaan, molemmilla kuiluilla olisi pärjätty pienemmälläkin ominaispanostuksella. Avarrus- ja reunarei'issä käytettiin turhan suurta panostusastetta, mikä myös aiheutti haasteita toleranssien kanssa. Yksi räjäytys epäonnistui, jonka seurauksena kuilu jäi lukkoon. Tämän takia panostusastetta kasvatettiin, koska haluttiin varmistaa, ettei näin käy enää jatkossa. Vaadittuihin toleransseihin kuitenkin päästiin.

Kuilun louhinnassa ei ole niin paljon muuttujia ominaisporauksen ja – panostuksen suhteen kuin pengerlouhinnassa. Kuilun louhinnassa on poraustiheyden ja panostusasteiden suhteen tietyt ohjearvot, joiden mukaan on hyvä toimia. Kuilun seinämät yleensä tehdään tarkkuuslouhintana ja siinä on tietyt toleranssit, joiden mukaan toimitaan. Kuten luvussa 3.4.1 on todettu, neljän neliömetrin kokoisen kuilun tekemiseen tarvitaan 20–25 reikää. Kuilun poikkileikkausmitat vaikuttavat myös kuilun tunnuslukuihin. Pienissä kuiluissa avausreikien osuus voi olla huomattava ja kun lisätään vielä reunareiät, jäljelle jää hyvin pieni määrä reikiä, joiden lukumäärään pystytään vaikuttamaan. Isoissa kuiluissa taas avauksen osuus ei ole niin suuri ja avarrusreikien lukumäärään pystytään jonkin verran vaikuttamaan. Liian harva poraus tai pieni panostusaste saattaa tuottaa ongelmia, sillä kuilu saattaa jäädä lukkoon, jonka purkaminen on todella työlästä ja aikaa vievää. Poikkeamia kuitenkin saattaa aiheuttaa edellä mainitsemani

hukkametrit, epätarkkuudet porauksessa tai turhan suuri tai pieni ominaispanostus.

Rikotusta kuilunlouhinta kohteissa ei tarvitse, sillä panostusaste on niin suuri, että kivi lohkaroituu räjäytyksissä niin pieneksi, ettei rikotusta tarvitse tehdä.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyössä selvitettiin ja tutkittiin viiden eri työmaan toteutuneita tunnuslukuja ominaisporauksen, -panostuksen ja -rikotuksen osalta. Työ toteutettiin itse tutustuen työmailla tuotettuun aineistoon ja haastatteleamalla yrityksen henkilöstöä. Lisäksi käytin myös omaa kokemusta työmaista hyväkseni, sillä olen työskennellyt Kulmakorvessa, Ohkolassa, Pohjoisbaanalla ja Lentoasemalla. Työssä pyrittiin myös selvittämään tunnuslukuihin ja niiden poikkeamiin vaikuttavat tekijät.

Murskalouhintakohteissa tunnusluvuissa ei juuri ollut poikkeamia. Tunnusluvut olivat hyvin tyypillisiä murskalouhinnan lukuja. Poikkeamia kuitenkin saattavat aiheuttaa porausvirheet, joista johtuen saattaa jäädä kynsiä, joita joudutaan jälkikäteen poraamaan, panostamaan ja rikottamaan. Myös lohkokoko saattaa porausvirheiden takia jäädä liian suureksi, jolloin syntyy ylimääräisiä lastaus- ja rikotuskustannuksia. Porausvirheiden lisäksi poikkeamia saattaa syntyä liian suuren tai pienen ominaisporauksen takia sekä liian pienen tai suuren ominaispanostuksen takia. Jos ominaisporaus ja -panostus ovat tarpeettoman suuria niin poraus- ja panostuskustannukset nousevat ja mahdollisesti lopputuotteen laatu myös kärsii, riippuen siitä, mitä kiviainesta tehdään. Myös turvallisuus on huomioitava ominaispanostusta suunnitellessa, jotta kivien sinkoilu tai tärinät eivät aiheuta vaaraa tai vaurioita. Oinaisrikotuksen osalta poikkeamia saattaa aiheuttaa liian suuri lohkokoko tai rikotuskoneen seisottaminen vain yhdellä työmaalla, jos ei ole mahdollista käyttää sitä välillä muilla työmailla.

Asutuskeskuslouhinta kohteissa lähinnä Pohjoisbaanalla tunnusluvuissa oli poikkeamia normaaliin asutuskeskuslouhintaan verrattuna. Lentoasemalla tunnusluvut olivat lähes normaalit asutuskeskuslouhinnan tunnusluvut, ominaispanostuksen osalta tunnusluku oli hieman korkeampi johtuen kanaalilouhinnan

määrästä. Ominaisrikotuskin oli Lentoasemalla hyvällä tasolla vaikka työmaalta saatujen tietojen mukaan sitä olisi saatu parannettua, jos kanaaleissa ei olisi ilmennyt odotettua enemmän kynsiä.

Pohjoisbaanalla poikkeamia aiheutti porauksessa erityisesti junaradan puoleisen reunan poraaminen tiheämpään. Näin oli tehtävä, jotta kivet eivät putoa tai sinkoile rata-alueelle. Myös rakolinjan puoleiseen ojaan jäi odotettua enemmän kynsiä, joita jouduttiin poraamaan ja panostamaan jälkikäteen kanaalilouhinnan menetelmin. Panostuksen osalta Pohjoisbaanalla tunnusluku oli normaalin pengerlouhinnan kaltainen asutuskeskuksissa. Rikotuksen turhan suuri tunnusluvun arvo johtui junaradan puoleisesta reunasta jääneiden ylisuurten lohcareiden rikotuksesta. Myös se, että Pohjoisbaanalla sai tehdä räjäytyksiä vain joka toinen viikko yöaikaan rajallisen ajan puitteissa, johti siihen, että ylisuuret lohkaareet päätettiin rikottaa päivällä sekä väliviikoilla ja yöllä keskittyä päämassojen louhintaan.

Myös kuilunlouhintatyömaalla tunnusluvut olivat lähes tavanomaiset. Poikkeamia kuilunlouhintakohteissa saattavat aiheuttaa lähinnä porausvirheet sekä porareikien taipumat sekä liian suuren tai pienen panostusasteen käyttäminen. Jos panostusaste on liian suuri, syntyy ylimääräisiä panostuskustannuksia sekä ongelmia toleranssien kanssa. Jos taas panostusaste on liian pieni, saattaa kuilu jäädä ns. lukkoon, jonka avaaminen on todella työlästä ja haastavaa. Kuilun louhinta työmaan osalta tunnuslukujen tulkinta oli melko haastavaa ja jäi hie-man kapeaksi. Tämä johtuu siitä, että vaikka kohteessa oli kaksi louhittavaa kuilua niin tiedot oli kasattu vain yhdelle ID-kortille, joten kuilukohtainen tarkastelu ei onnistunut ja jouduttiin tyytymään vain haastatteluihin. Minulla ei ole tästä kuilutyömaasta omakohtaista kokemusta, jota olisin voinut käyttää hyväkseni. Molemmista kuiluista oli kannattanut tehdä omat ID-kortit, jotta niistä olisi enemmän hyötyä tulevaisuudessa.

Työn edetessä saatiin hyvä käsitys siitä, millaisia tunnusluvut voivat olla eri kohteissa ja mitkä tekijät niihin vaikuttaa. Erityisesti asutuskeskuslouhintakohteissa tunnusluvut saattavat poiketa hyvinkin paljon toisistaan, riippuen olosuhteista ja louhintaa rajoittavista tekijöistä. Tunnuslukujen seurannan ja muiden tietojen keräämisen suhteen syntyi työn edetessä kehitysideoita. Jotta ID-korteista olisi

enemmän hyötyä, olisi hyvä ID-korttiin eritellä tunnusluvut ominaisporauksen ja -panostuksen osalta louhintamenetelmittäin sekä ilmoittaa määrät paljonko on louhittu esimerkiksi tavanomaista pengerlouhintaa, nollalouhintaa, kanaalilouhintaa tai tarkkuuslouhintaa. Näin saataisiin tarkempi kuva kohteen luonteesta. Menetelmittäin seuranta saattaa kuitenkin olla käytännössä hankalaa sillä samassa räjäytettävässä kentässä saattaa olla osa nollalouhintaa, osa kanaalilouhintaa, osa tarkkuuslouhintaa ja osa tavanomaista pengerlouhintaa. Sekin jo hyödyttäisi, jos ID-korttiin eriteltäisiin louhintamenetelmittäin edes toteutuneet määrät. Myös resurssit puuttuvat ID-korteista. Olisi myös hyvä kertoa ID-kortissa, monellako poravaunulla ja panostusryhmällä työmaa on toteutettu ja tarvittava teho saavutettu, jotta seuraavien urakoiden laskenta ja suunnitteleminen helpottuu.

Kuvat

- Kuva 1. Pengerlouhinnan käsitteet, s. 6.
Kuva 2. Reikäsijoittelu ja sytytys tavanomaisessa kanaalinlouhinnassa, s. 8.
Kuva 3. Reikäsijoittelu ja sytytys varovaisessa kanaalinlouhinnassa, s. 8.
Kuva 4. Tarkkuuslouhintajälkeä, s. 9.
Kuva 5. Nousunajoa pitkäreikämenetelmällä, s. 12.
Kuva 6. Alimak-laitteen toimintaperiaate, s. 13.
Kuva 7. Nousuajo täysprofiiliporauksella, s. 14.
Kuva 8. Pitkäreikänousun irtioton kustannusten jakautuminen, s. 15.
Kuva 9. Stone Scorpion, kevyt poravaunu, s. 18.
Kuva 10. Sandvik Ranger DX800, keskiraskas poravaunu, s. 19.
Kuva 11. Hydraulinen iskuvasara, s. 21.
Kuva 12. Työmaan ID-korttipohja, s. 26.

Kaavat

- Kaava 1. Ominaisporauksen kaava, s. 20.
Kaava 2. Ominaisporauksen kaava jos irrotuksessa on määritelty tarkat rajat, s. 20.
Kaava 3. Ominaispanostuksen kaava, s. 21.
Kaava 4. Ominaispanostuksen kaava jos irrotuksessa on määritelty tarkat rajat, s. 21.
Kaava 5. Ominaisrikotuksen kaava, s. 22.
Kaava 6. Ominaisrikotuksen kaava jos todellisia kustannuksia ja kuutiomäärää ei tiedetä, s. 22.

Taulukot

- Taulukko 1. Avolouhinnan välittömien kustannusten osuudet, s. 10.
Taulukko 2. Työmaiden tunnusluvut, s. 27.

Lähteet

Destia Oy. 2017. Toimivampi maailma. <https://www.destia.fi/yritys.html>. Luettu 25.10.2017.

Jääskeläinen, R. 2010. Maarakennuksen ja louhinnan perusteet. Tampere: Tammertekniikka.

Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja 1982. Helsinki: Vuorimiesyhdistys.

Kurteshi, A. 2017. Tuotantojohtaja. Destia Oy. Haastattelu 28.11.2017

Lappalainen, P., Hakapää, A. & Paalumäki, T. 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. 3. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus : Kaivosteollisuus FinnMin.

Marakon 2018. <http://www.marakon.fi/rammer-tuotteet/rammer-vasarat/l-sarjan-vasarat-26-120-t-peruskoneeseen/>. Luettu 9.1.2018

Sandvik 2018. <https://www.rocktechnology.sandvik/en/products/surface-drill-rigs/surface-top-hammer-drill-rigs/ranger-dx800-surface-top-hammer-drill-rig/>. Luettu 9.1.2018

Stonepower 2018. <https://stonepower.fi/stonepower-tuotteet/>. Luettu 9.1.2018

Vuolio, R. & Halonen, T. 2012. Räjätystyöt. 2. uudistettu painos. Helsinki: Suomen rakennusmedia.

Vuolio, R. 2017. Räjätysopas. 4. uudistettu painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.