

Kehittämistarpeita Pohjois-Suomen kaivoksissa

Louhokselta murskaukseen



Kehittämistarpeita Pohjois-Suomen kaivoksissa

Jani Sipola • Jukka Leinonen • Harri Pikkarainen

Kehittämistarpeita Pohjois-Suomen kaivoksissa

Louhokselta murskaukseen

Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 11/2017

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-182-5 (nid.)

ISSN 2489-2629 (painettu)

ISBN 978-952-316-183-2 (pdf)

ISSN 2489-2637 (verkkajulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset
11/2017

Rahoittajat: Euroopan unioni - Euroopan aluekehitysrahasto, Lapin liitto, Vipuvoimaa EU:lta
2014-2020

Kirjoittajat: Jani Sipola, Jukka Leinonen & Harri
Pikkarainen

Kansikuva: Kuvatoimisto Rodeo

Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu
Jokiväylä 11 C
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000

www.lapinamk.fi/julkaisut

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC on yliopiston ja ammattikorkeakoulun strateginen yhteenliittymä. Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto ja Lapin ammattikorkeakoulu.
www.luc.fi

Sisällys

TIIVISTELMÄ	7
1 JOHDANTO	9
2 KEHITTÄMISTARPEIDEN ANALYSOINTI	11
3 KAIVOSTEN KEHITTÄMISTARPEITA	15
3.1 Kaivosalueiden 3D-mittaus ja mallinnus automaattisesti ja reaaliaikaisesti	15
3.2 Louhosten mittaaminen UAV:llä	16
3.3 Vierasesineiden tunnistaminen ja poistaminen	17
3.4 Malmin raekoon jatkuva-aikainen mittaaminen	19
3.5 Malmin siirtymän tunnistaminen	20
3.6 Karkeamurskan kulutusosien mittaaminen paikallaan	22
3.7 Henkilön työturvallisuuden seuranta kriittisissä työkohteissa.	24
3.8 Avoin tekninen tiedonvaihtokeskustelufoorumi	25
3.9 Muita kehittämistarpeita	25
4 YHTEENVETO	29
LÄHTEET	31

Tiivistelmä

Julkaisu liittyy Lapin ammattikorkeakoulussa Optisen mittaustekniikan laboratorion toteuttamaan selvityshankkeeseen; Automaatio ja mittaustekniikan tarpeet kaivoksissa louhinnasta primäärimurskaukseen. Hankkeessa selvitettiin ja listattiin kaivosalan automaatio- ja mittaustekniikan tarpeita ja laadittiin suunnitelma tarpeita vastaavien ratkaisujen kehittämiseen. Hanke toteutettiin 2015–2016 välisenä aikana ja sitä rahoitettiin EU:n aluekehitysrahastosta Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 Suomen rakennerahasto-ohjelmasta Lapin liiton toimesta.

Tässä julkaisussa esitetään selvityshankkeen tuloksia kaivosten kehittämistarpeista louhinnasta primäärimurskaukseen. Kehittämistarpeet selvitettiin kyselyn ja kaivosvierailuilla tehtyjen haastattelujen perusteella. Kehittämistarpeet on kerätty pääasiassa Pohjois-Suomen kaivoksista. Kehittämistarpeet jaoteltiin koskemaan kaivosuunnittelua, kaivosmittausta, louhintaa, materiaalin siirtoa ja murskausta. Näitä kaikkia yhteisesti koskivat ympäristöön, turvallisuuteen ja tiedonhallintaan liittyvät kehittämistarpeet.

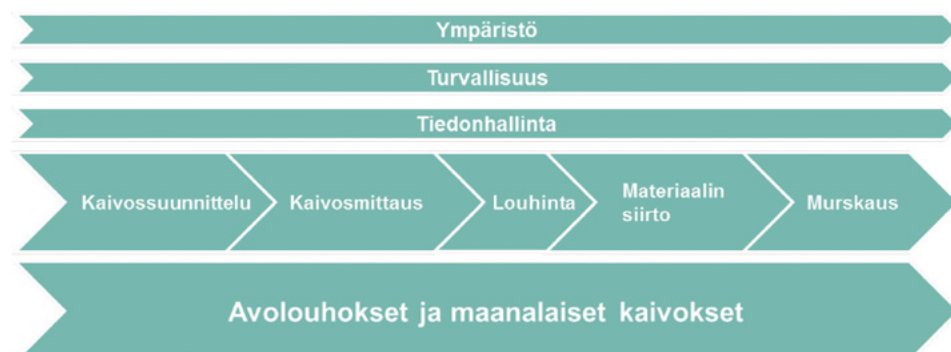
Kahdeksan kehittämistarvetta on esitelty julkaisussa tarkemmin ja niihin etsittiin valmiita ratkaisuja. Jos valmiita ratkaisua ei löytynyt, T&K-toimet ratkaisun löytämiseksi on kerrottu. Loput kehittämistarpeet on listattu taulukkoon toiminta-alueittain jaoteltuna. Kolme kehittämistarvetta tuli esille useammassa kaivoksessa. Ne olivat tuotantoalueiden 3d-mittaus ja mallinnus kustannustehokkaasti, vierasesineiden poisto materiaalivirrasta sekä räjäytyksen ja murskauksen hallintaan liittyen kiviaineksen raekoon mittaaminen.

1 Johdanto

Tämä julkaisu esittää kaivoksissa olevia kehittämistarpeita. Kehittämistarpeet keskittyvät pääasiassa kaivoksen alkupään prosesseihin louhinnasta primäärimurskaukseen. Kehittämistarpeita kartoitettiin kaksivaiheisessa prosessissa. Ensimmäisessä vaiheessa lähetettiin kaivosten ja laitevalmistajien valituille työntekijöille nettikysely, jolla tiedusteltiin kehittämistarpeita kuvan (Kuva 1) mukaisista kaivoksen eri toiminta-alueista. Kysely lähetettiin 80 henkilölle, joista 11 henkilöä vastasi kyselyyn. Kehittämistarpeet jaoteltiin koskemaan kaivossuunnittelua, kaivosmittausta, louhintaa, materiaalin siirtoa ja murskausta. Näitä kaikkia yhteisesti koskivat ympäristöön, turvallisuuteen ja tiedonhallintaan liittyvät kehittämistarpeet.

Kyselyn tuloksista koostettiin yhteenvetoesitys, jonka perusteella järjestettiin haastattelutilaisuuksia, jossa käytiin kaivosalan eri alueiden työntekijöiden kanssa kehittämistarpeet tarkemmin läpi. Lisäksi tilaisuuksissa oli mahdollista tuoda esille myös uusia kehittämistarpeita. Haastattelutilaisuuksia järjestettiin Terrafame Sotkamon, Agnico Eagle Finland Kittilän, Boliden Kevitsan ja Outokumpu Chrome Kemin kaivoksen kanssa. Lisäksi haastateltiin Tapojärven/Hannukaisen ja ABB:n edustajia.

Haastattelujen perusteella koostettiin kehittämistarpeet siten, että ensin on esitetty yksityiskohtaisemmin kartoituksen tekijöiden mielestä tärkeimmät esille nousseet kehittämistarpeet. Nämä kehittämistarpeet on luokiteltu sen perusteella, että millaisia T&K-toimia vaaditaan kehittämistarpeen ratkaisemiseksi. Lopuksi esitetään taulukkoon koottuna muita esille tulleita kehittämistarpeita.



Kuva 1. Kaivostoimintojen jaottelu kehittämistarpeiden kartoituksessa.

Kehittämistarpeiden kartoitus on toteutettu Lapin ammattikorkeakoulussa Optisen mittaustekniikan laboratorion toimesta. Kartoitus kuului Automaatio ja mittaustekniikan tarpeet kaivoksissa loughinnasta primäärimurskaukseen – hankkeeseen. Hankkeessa laadittiin selvitys automaatio- ja mittaustekniikan TKI-tarpeista Pohjois-Suomen kaivoksissa, mutta oletuksena on, että samanlaisia tarpeita löytyy muualtakin. Hanke toteutettiin vuosien 2015 – 2016 välisenä aikana ja Lapin liitto oli hankkeen rahoittava viranomainen. Hanketta rahoitettiin EU:n aluekehitysrahastosta Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 Suomen rakennerahasto-ohjelmasta.

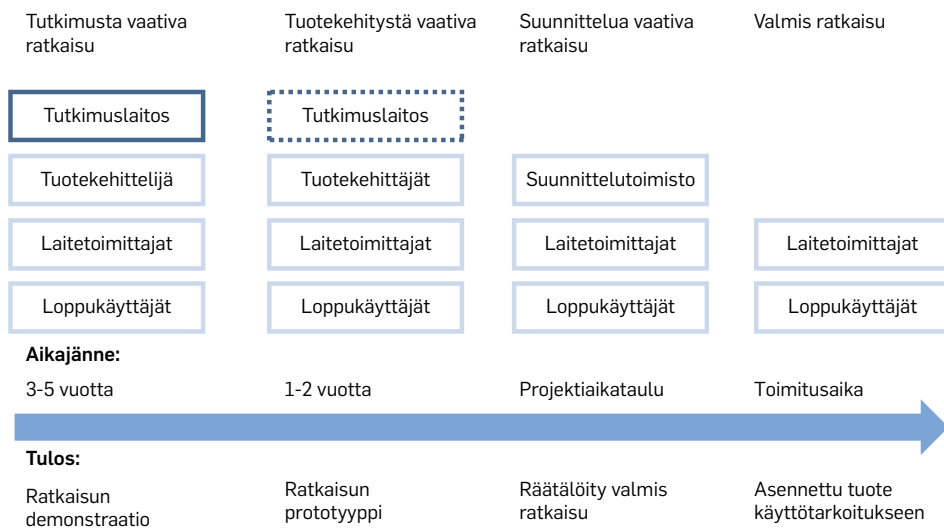
2 Kehittämistarpeiden analysointi

Tarveselvityksessä esiin tulleille kehittämistarpeille on ensin pyritty löytämään valmiita ratkaisuja. Ratkaisuja on etsitty kirjoittajien toimesta olemassa olevista yritys- ja tutkimuslaitosverkostoista ja Internetistä. On todennäköistä, että kaikkia maailmanlaajuisesti saatavilla olevia ratkaisuja ei olla löydetty rajallisten resurssien ja tiedon saatavuusrajoitteista johtuen. Jos valmista ratkaisua ei ole löytynyt, kehittämistarpeelle on kuvattu lyhyesti T&K-toimet, joilla ratkaisua voitaisiin lähteä kehittämään.

Tässä työssä on T&K-toimien arvioinnissa käytetty neljää eri vaihetta näkyvissä olevien ratkaisujen kypsyysasteen mukaisesti.

- Tutkimusta vaativat ratkaisut
- Tuotekehitystä vaativat ratkaisut
- Suunnittelua vaativat ratkaisut
- Valmiit kaupalliset ratkaisut

Kuvassa (Kuva 2) on esitetty ratkaisujen tuottamisen vaiheet kypsyysasteesta riippuen. Tyypillisesti vaiheet etenevät järjestyksessä tutkimuksesta tuotekehitykseen ja suunnitteluun sekä ratkaisujen toimittamiseen.



Kuva 2. T&K-toimien neljä eri vaihetta.

Luokittelu ratkaisujen tuottamisen vaiheista

On huomattavaa, että ns. perustutkimus vaihetta ei ole esitetty tässä selvityksessä, koska se on luonteeltaan tutkimusta, jolla ei ole välttämättä selkeää tai konkreettista tarvetta vielä näkyvissä. Perustutkimus luo tekniset lähtökohdat tunnistetuilta tekniikan osa-alueilta ja mahdollistaa myöhemmän soveltavan tutkimuksen. Tässä yhteydessä tutkimuksella tarkoitamme soveltavaa tutkimusta.

Epäkypsien vaihe on tutkimusta vaativat ratkaisut. Tarpeesta on olemassa kohtuullisen selkeä rajallinen määritelmä, ja tarpeeseen on oletettavasti sopivaa tekniikkaa jo olemassa ja mahdollisesti sovellettu muissa sovellutuksissa. Tutkimusta tarvitaan olemassa olevan tekniikan tutkimiseen ja soveltamiseen tarvetta vastaaville sovelluksille. Tyypillisesti tämä tehdään pääosin (70-90 %) julkisesti rahoitetuissa tutkimusprojekteissa, joissa on useita yrityksiä ja useita rajattuja tarpeita, jotka ovat kuitenkin saman tekniikan sovellusalueelta.

Tällaisissa tutkimusprojekteissa yritysten taloudellinen riski on pieni. Tuloksena syntyy demonstraatioita siitä, miten hyvin tutkittu tekniikka ja ratkaisu toimii todellisten sovellusympäristöjen kaltaisissa ympäristöissä. Tutkimusprojektien vastuulliset toteuttajat ovat tutkimuslaitokset. Hyvässä tutkimusprojektissa on mukana intensiivisesti myös tarpeiden omaavat loppukäyttäjät, esimerkiksi kaivokset, ja tutkittavan tekniikan alalla tuotekehitykseen kykenevät yritykset ja/tai loppukäyttäjien laitetoimittajat. Tyypillisesti tutkimusvaiheessa on varauduttava yhteen tai useampaan tutkimusprojektiin ennen tuotekehitysvaihetta. Tutkimusvaiheen tyypillinen aikajänne on kolmesta viiteen vuoteen.

Tuotekehitystä vaativat ratkaisut kohdistuvat tarpeisiin, joissa tyypillisesti tarvittava tekniikka on selvästi olemassa ja sen toimivuus on osoitettu muilla sovellusalueilla. Tuotekehitystä tarvitaan sellaisen kaupallisen ratkaisun kehittämiseen, joka on tuotekehitystä tekevän yrityksen resursseilla valmistettavissa ja ylläpidettävissä. Tuotekehitysvaiheessa keskeisin vetäjärooli on tuotekehitystä tekevällä yrityksellä. Tuotekehitysvaiheessa mukana tulee olla myös ratkaisun loppukäyttäjäyrityksiä. Lisäksi mukana voi olla tuotteen markkinoinnista ja myynnistä kiinnostuneita laitetoimittajia tai laitetoimittajat toimivat itse tuotteen kehittäjinä. Tutkimuslaitokset voivat tukea tuotekehitystä erityisosaamisalueillaan.

Suunnittelua vaativat ratkaisut kohdistuvat tarpeisiin joissa ratkaisu saada aikaiseksi valmiista kaupallisista komponenteista suunnittelutyön avulla, esimerkiksi insinööritoimiston toteuttama ratkaisu loppukäyttäjälle. Tyypillisesti nämä ovat räätälöityjä ratkaisuja asiakaskohtaisiin tarpeisiin. Näistä ratkaisuista voi myös tulla vakiomuotoisia ajan myötä, jolloin niitä voidaan kehittää valmiiksi tuoteratkaisuiksi.

Valmisratkaisu on tuote tai järjestelmä, joka on spesifioitu käyttökohteeseen ja sen voi asentaa sellaisenaan käyttötarkoitukseen.

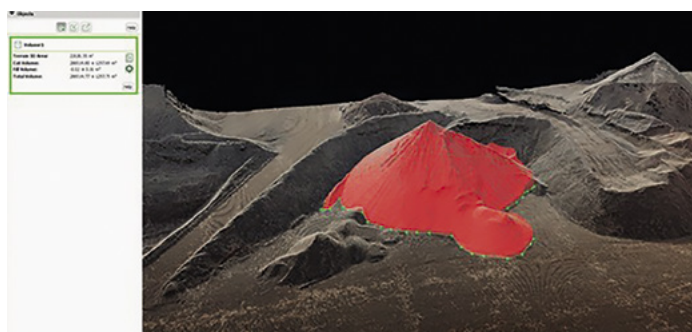
3 Kaivosten kehittämistarpeita

Tässä kappaleessa on esitetty kehittämistarpeita, jotka tulivat esille haastatteluissa. Nämä kehittämistarpeet esitellään tarkemmin ja niihin etsittiin valmiita ratkaisuja. Jos valmista ratkaisua ei löytynyt, määritettiin T&K-toimet ratkaisun löytämiseksi.

3.1 KAIVOSALUEIDEN 3D-MITTAUS JA MALLINNUS AUTOMAATTISESTI JA REAALIAIKAISESTI

Kaivokset tekevät erilaisia laajojen kaivosalueiden (esimerkiksi avolouhokset, sivukivikasat, tunnelit, rikastehiekka-altaat) 3d-mittauksia, joiden perusteella niistä muodostetaan 3d-malleja (Kuva 3). Mittauksissa käytetään avuksi mm. laserkeilaimia, UAV-kartoituksia (Unmanned Aerial Vehicle) ja GPS-mittasauvoja. Yleensä mittauksista kertynyt data käsitellään jälkikäteen toimistolla 3d-malliksi. Esimerkiksi UAV-kartoituksissa kertyneen pistepilvidatan käsittely on liian hidasta, jotta sitä voitaisiin hyödyntää päivittäisessä toiminnassa.

Tarpeena on kehittää kustannustehokkaita menetelmiä ja mittauksia, joissa laajojen alueiden 3d-malleja päivitetään automaattisesti ja reaaliaikaisesti mittausten edessä. Tällöin malleja on mahdollista hyödyntää päivittäisessä työskentelyssä.



Kuva 3. Kasan tilavuusmalli määritetty pistepilvestä. (Pix4D, 2016)

Tarpeen ratkaiseminen vaatii tutkimusta. Markkinoilta ei löydy tällä hetkellä ratkaisua kaivosalueiden reaaliaikaiseen 3d-mittaus ja mallinnus tarpeeseen. Muualta teollisuudesta löytyy saman tyyppinen tarve, jossa pitää mitata ja muodostaa as-built 3d-malli esimerkiksi teollisuuslaitoksesta. Perinteisesti se on tehty mittanauhalla tai pistepilviä tuottavalla laserkeilaimella.

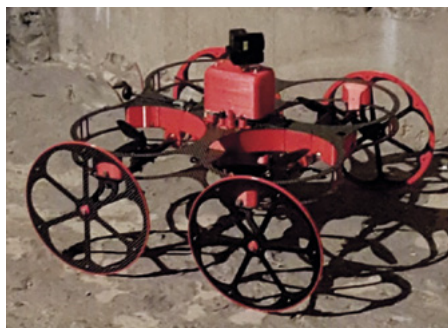
Lapin ammattikorkeakoulussa on menossa hanke nimeltään 3d mittauksen ja mallinnuksen uudet mahdollisuudet, jossa on kehitetty pistemäisiin mittauksiin perustuvia automaattisia 3d-mallinnusmenetelmiä. 3d-mallia luodaan automaattisesti kohdetta mitattaessa. (Lapin ammattikorkeakoulu, 2015)

3.2 LOUHOSTEN MITTAAMINEN UAV:LLÄ

Maanlaisissa kaivoksissa lähes kaikki louhokset mitataan ylä- ja alapuolelta laserkeilaimella. Laserkeilaimen siirtäminen ja asettelu on nykyään suuritöisempää kuin datan käsittely. Lisäksi mittaamiseen liittyy työturvallisuusvaaroja putoavien kivien ja louhokseen putoamisen osalta. Kaivoksilla onkin toiveena pystynä mittaamaan louhokset helpommin ja turvallisemmin UAV:llä esimerkiksi dronen avulla.

Inkonova ja Clickmox ovat yhdessä suunnitelleet maailman ensimmäisen dronejärjestelmän maanalaisten kaivosten ja tunneleiden mittaamiseen. Vuonna 2016 julkaistussa TILT Ranger –dronessa (Kuva 4) on pyörät ja kääntyvät roottorit, joten sillä voi lentämisen lisäksi ajaa tasaisella alustalla ja kiivetä rinnettä. Sekä pyörissä että roottoreissa on suojat törmäyksien varalta. Drone pystyy liikkumaan itsenäisesti täysin pimeässä. (Clickmox, 2016)

TILT Ranger –dronessa on SLAM-tekniikkaan perustuva 3d-lasermittaus. SLAM-tekniikan ansiosta drone ei tarvitse GPS-yhteyttä 3d-pistepilven tekemiseen. Lisäksi dronessa on kolme kameraa eri suuntiin ja siihen voidaan tarvittaessa asentaa lämpökamera ja ultraääniantureita. Se on suunniteltu erityisesti kaivosperien, louhosten, kaatokuilujen ja ilmanvaihtokuilujen skannaamiseen ja 3d-kartan luomiseen. (Clickmox, 2016)



Kuva 4. TILT Ranger drone kaivosten 3d-skannauksiin. (Clickmox, 2016)

Clickmoxilla on myös oma MineFly-drone, jota voidaan käyttää myös kaivos- ja tunneliperästä poistetun kiven tilavuuden eli massan mittaamiseen, (excavated rock mass measurements), tunnelin ali- ja ylijäytyksen mittaamiseen (undercut and overcut measurements), tunnelin kaventuman mittaamiseen (convergence monitoring) ja kaatokuilujen tukkeutumien tarkistamiseen (inspecting block orepasses). (Clickmox, 2016)

3.3 VIERASESINEIDEN TUNNISTAMINEN JA POISTAMINEN

Kaivoksessa joutuu malmin sekaan kaikenlaisia vierasesineitä, jotka voivat hajottaa tai haitata laitteistojen toimintaa malmin eri prosessointivaiheissa. Tällaisia esineitä ovat mm. kaivinkoneen kynnet, porakruunut ja -kanget sekä porausreikien muoviset suoja-putket. Nämä vierasesineet pitäisi pystyä tunnistamaan ja poistamaan ennen karkeamurskainta tai sen jälkeen kuljetushihnalta ennen kuin ne pääsevät häiritsemään rikastusprosessia. Tässä esitellään tarvetta tarkemmin kauhasta irtoavien metalliosien kuten kynsien ja kulutuspalojen näkökulmasta.

Kaivinkoneesta ja lastaajien kauhoista irtoavien kynsien tunnistamisella ja niiden poistamisella ennen karkea murskainta ehkäistään murskaimen mahdollinen rikkoontuminen tai tukkeutuminen. Murskain ei välttämättä kestä sinne joutuvaa kovaa metalliesinettä tai esine voi kiilautua murskaimen kitaan, jolloin sen poistaminen on aikaa vievä operaatio. Kauhasta voi irrota myös muita metalliosia kuten pohjan kulutuspaloja. Kuvassa (Kuva 5) näkyy murskaimen kitaan kiilautunut kauhan kynsi.



Kuva 5. Kauhan kynsi kiilautunut murskaimen kitaan. (Motion Metrics, 2016)

Kauhan kynsien tunnistamiseen on kehitetty valmiita ratkaisuja (Motion Metrics, 2016) ja (EngineerLive, 2013). Motion Metricsin ratkaisut (Motion Metrics, 2016) perustuvat kamerateknologioihin ja automaattiseen kuvasta tehtäviin tunnistusmene-

telmiin. He ovat kehittäneet näkyvään valoon perustuvan kamerajärjestelmän (Kuva 6) ja lämpökameraan perustuvan järjestelmän (Kuva 7). Toinen menetelmä perustuu kynsien anturointiin ja niiden tunnistamiseen radiosignaalien avulla (EngineerLive, 2013). Kauhan muiden kulutusosien puuttumisen tunnistamiseen ei ole tiedossa valmista ratkaisua, joten se vaatii tutkimusta.



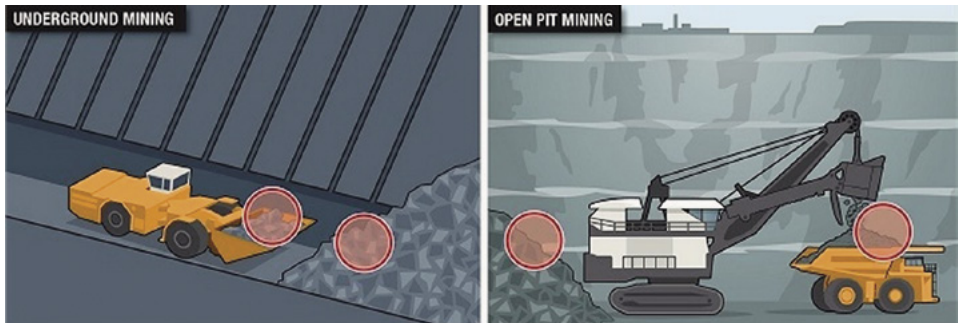
Kuva 6. Kauhan kynnen puuttumisen tunnistava kamerajärjestelmä. (Motion Metrics, 2016).



Kuva 7. Kynnen puuttuminen tunnistetaan lämpökameran avulla. Oikealla lämpökamerakuva (Motion Metrics, 2016)

3.4 MALMIN RAEKOON JATKUVA-AIKAINEN MITTAAMINEN

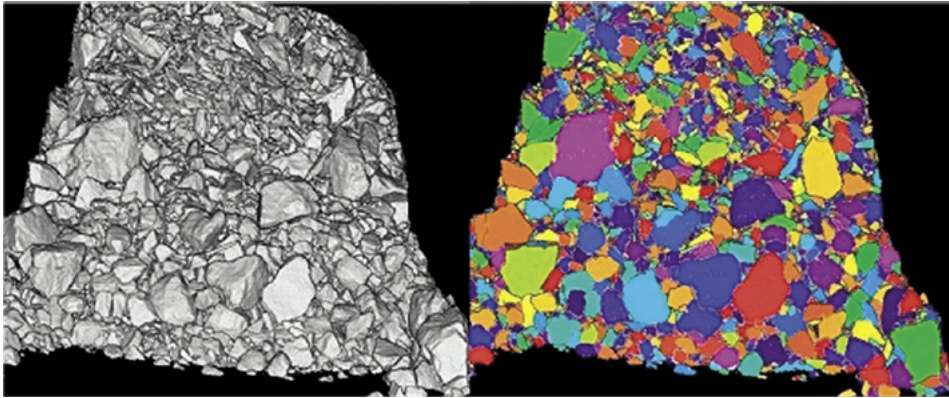
Kaivoksilla on tarve mitata louhittavan malmin raekokoa jatkuva-aikaisesti eri vaiheissa räjäytyksen ja karkeamurskaimen välillä. Mittausten avulla voidaan mm. optimoida räjäytyksen vaikutusta raekokoon. Raekoolla on myös merkitystä murskaimen säätöön ja optimointiin sekä prosessin toimivuuteen seuraavassa vaiheessa rikastamolla. Raekoon mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi räjäytetyn kentän penkasta, lastaajan kauhasta ja murskalla dumpperin kipatessa kuormansa sekä murskaimen tuottaman kiven raekokoa hihnakuljettimelta. Kuvassa (Kuva 8) on esitetty osa paikkoista, joissa raekoko pitäisi mitata.



Kuva 8. Raekoon mittauspaikkoja maanalaisessa kaivoksessa ja avolouhoksella. (Innovative Machine Vision, 2016)

Raekoon mittaamiseen löytyy useita kaupallisia ratkaisuja, joita ovat esimerkiksi 3DPM ja Split-Online (IMV, 2016), (Split Engineering, 2016). Ratkaisut ovat yleensä kamerapohjaisia ja perustuvat konenäön hyödyntämiseen. Kuvassa (Kuva 9) tulokset raekoon analysoinnista kaupallisella menetelmällä (Innovative Machine Vision, 2016).

Lisäksi on testattu UAV-lennokkien hyödyntämistä raekoon reaaliaikaisessa mittauksessa (Bamford;Esmaili;& Schoellig, 2016).



Kuva 9. Tulokuva raekoko analyysistä. (Innovative Machine Vision, 2016)

3.5 MALMIN SIIRTYMÄN TUNNISTAMINEN

Avolouhoksissa on tarve tunnistaa malmin siirtymä räjäytyksessä. Kaivoksilla on käytössä Blast Movement Technologiesin valmistama anturi, jonka avulla voidaan selvittää, mihin malmi siirtyy räjäytyksessä. Anturit asennetaan panostusreikiin malmien lähelle ja räjäytyksen jälkeen anturit paikoitetaan. Tällä tavoin malmin ja sivukiven sijainnit kentällä tiedetään tarkasti, joten ne voidaan erottaa toisistaan ja kuljettaa oikeisiin paikkoihin. (BMT, 2016)

Räjäytyksen jälkeen operaattori kävelee kivikasan päällä vastaanottimen kanssa. Vastaanotin tunnistaa anturin ja tallentaa sen lähettämän signaalin voimakkuuden, jonka avulla voidaan laskea anturin syvyys. Lisäksi vastaanotin määrittää GPS-koordinaatit. Ennen ja jälkeen räjäytyksen tietojen avulla voidaan laskea anturin eli malmin siirtymä 3d-vektorina. (BMT, 2016)

Antureiden paikantaminen voi olla vaikeaa, koska operaattorin täytyy liikkua räjäytetyn kasan päällä. Lisäksi tietyissä olosuhteissa räjäytyskaasut jäävät paikalleen, eikä operaattori pääse paikantamaan antureita. Tästä syystä olisi hyvä, jos anturit voitaisiin paikantaa esimerkiksi UAV:llä. BMT on kehittänyt uuden laitteen (Kuva 10), joka poistaa kasan päällä liikkumisen tarpeen, ja samalla tehokkuus, turvallisuus ja mittaustarkkuus paranevat (BMT, 2016).



Kuva 10. BMT:n kehittämä laite, jonka avulla anturit voidaan paikantaa kasan päälle menemättä. (BMT, 2016)

Yksittäistä anturia käytettäessä ei pystytä määrittämään täydellisesti malmin siirtymistä 3d:ssä koko penkan paksuudelta, vaan vain anturin kohdalta. Järjestelmässä voidaankin nykyisellään käyttää neljää eri värikoodattua versiota anturista (Kuva 11), jotka voidaan laittaa samaan panostusreikään tai lähelle toisiaan eri panostusreikiin (BMT, 2016). Mahdollisesti halvempi vaihtoehto olisi laittaa panosreikään paljon halpoja antureita, esimerkiksi RFID-tageja, määrittää niiden avulla malmin siirtymä.



Kuva 11. Neljä erilaista versiota anturista malmin siirtymän määrittämiseksi. (BMT, 2016)

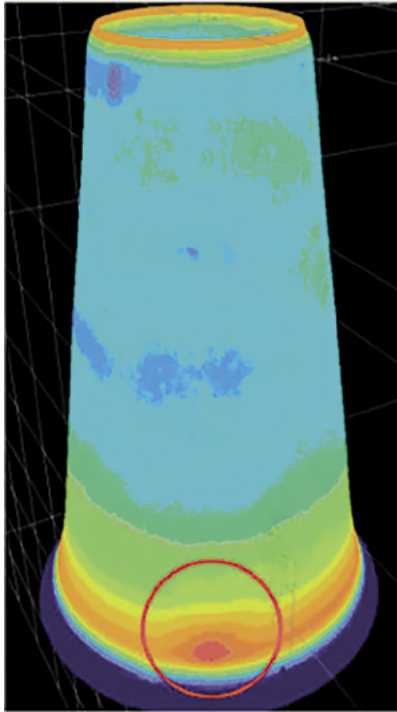
3.6 KARKEAMURSKAN KULUTUSOSIEN MITTAAMINEN PAIKALLAAN

Kartiomurskaimen (Kuva 12) manttelin ja vuorausten kulumisen mittausta pitäisi pystyä tekemään tuotannon ohessa lyhyessä ajassa. Mittaus tulisi suorittaa murskan ollessa tyhjä kiviaineksesta ja pysähdyksissä. Tällä hetkellä mittaus suoritetaan ottamalla kulutusosat irti ja ne mitataan murskaimen ulkopuolella skannaukseen perustavalla tekniikalla. Mittaukset muodostavat 3d-pistepilven, jonka perusteella määritetään kuluminen. Mittauksen tarkkuusvaatimus on millimetriluokkaa.



Kuva 12. Kartiomurskain. (Metso, 2016)

Mittauksen toteutukseen löytyy valmis ratkaisu (Outotec, 2017), jossa murskaimen manttelin sekä vuorauksen kulumisen mitataan kaikkien osien ollessa paikallaan murskaimen ollessa tyhjiällä. Tekniikka perustuu laserskannaukseen, jonka avulla muodostetaan 3d-malli kohteista, jossa esitetään murskaimen osien kulumisen. Kuvassa (Kuva 13) on tuloskuva manttelin kulumisesta esitettynä 3d-mallina. Kuvassa (Kuva 14) on käynnissä murskaimen skannaus Outotecin ratkaisuun perustuvalla laitteistolla (Outotec, 2017).



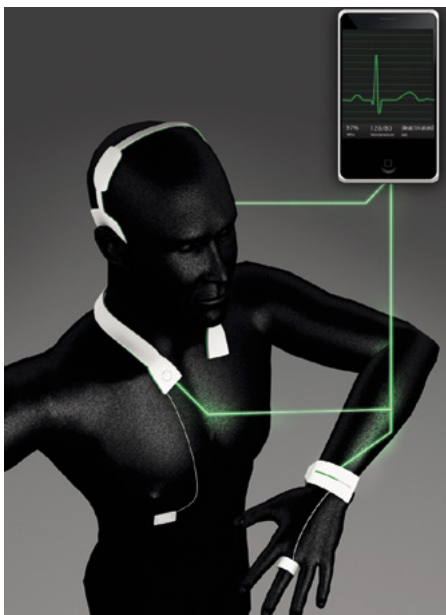
Kuva 13. Laserskannauksen tulos murskaimen manttelin kulumisesta. (Outotec, 2017).



Kuva 14. Murskaimen mittaus. (Outotec, 2017).

3.7 HENKILÖN TYÖTURVALLISUUDEN SEURANTA KRIITTISISSÄ TYÖKOhteissa

Henkilöiden jatkuva toimintakyvyn ja työympäristön jatkuva mittaus ja seuranta työkohteissa, joissa on normaalia suurempia työturvallisuusriskejä tai kohteissa, joissa henkilö joutuu työskentelemään yksin. Tarpeena on mitata henkilön terveystoimintoja ja välittömän työympäristön olosuhteita, kuten esimerkiksi sydämen sykettä ja ympäristön happipitoisuutta päälle puettavan elektroniikan avulla (Kuva 15).



Kuva 15. Periaatekuva päälle puettavasta elektroniikasta. (Coroflot, 2016)

Mitatuista tiedoista muodostettaisiin mittausraja-arvoihin perustuvat hälytykset, jotka tulisi välittää kaivoksen ohjaamoon tai vastaavaan paikkaan, jossa on resurssi vastaanottamassa hälytyksiä ja tarvittaessa avun hälyttämiseen.

Tarpeesta keskusteltaessa esille on noussut kysymys työntekijöiden yksityisyydestä ja terveyteen liittyvien tietojen mittaamisesta ja käsittelystä. Ratkaisua kehitettäessä myös nämä seikat on huomioitava.

Tarvetta vastaavaa valmista ratkaisua kaivosteollisuuteen ei ole tiedossa. Tarvetta lähellä olevia ratkaisuja on olemassa sekä Mobilarisilla että Vandricolla (Mobilaris, 2016), (Vandrico, 2016). Eri valmistajat hyödyntävät puettavaa elektroniikkaa kuluttaja- ja teollisuussovelluksissa jo laajasti (Vandrico, 2016).

Ratkaisun kehittäminen vaatii monialaisen tutkimusvaiheen ja tutkimusvaiheen onnistuessa tuotekehitysvaiheen. Tutkimusvaiheessa on aluksi määriteltävä, mitkä suureet tulisi mitata, missä ympäristöissä mittaus ja tiedonvälitys pitäisi tehdä ja selvittää olemassa olevat seurantatietojen mittausratkaisut ja niiden soveltuvuus tähän tarpeeseen. Tekninen ratkaisu (mittaus, tiedonkäsittely ja välitys) vaatii soveltavaa tutkimusta ja demonstraatioita aidoissa olosuhteissa. Tutkimusvaiheeseen tulisi selvittää miten ratkaisua jo lähellä olevat järjestelmätoimittajat Mobilaris ja Vandrico voisivat mahdollisesti liittyä kehitystyöhön. Lisäksi työntekijöiden yksityisyyssuojan rajoitteet tulisi huomioida ratkaisua kehitettäessä.

3.8 AVOIN TEKNINEN TIEDONVAIHTOKESKUSTELUFOORUMI

Kaivoksilla on halu vaihtaa teknistä tietoa eri kaivosten työntekijöiden, laitetoimittajien ja ohjelmistotoimittajien kanssa. Osapuolet voisivat keskustella yhdessä tarpeista ja hyvistä käytänteistä esimerkiksi kerran vuodessa. Ohjelmistotoimittajista edustettuina voisivat olla mm. kaivossuunnittelu- ja turvallisuusohjelmistojen tekijät. Laitetoimittajista mukana olisi hyvä olla kalustotoimittajat (mm. dumpperit), jotta heidän kalustonsa data voitaisiin siirtää kaivoksen järjestelmiin automaattisesti. Keskustelutilaisuuden järjestäjänä tulisi olla ulkopuolinen puolueeton taho, esimerkiksi tutkimus- tai koululaitos.

3.9 MUITA KEHITTÄMISTARPEITA

Alla olevassa taulukossa esitellään muita nettikyselyssä esille tulleita kehittämistarpeita. Suurin osa kehittämistarpeista avautui haastatteluissa tarkemmin ja nämä tiedot löytyvät taulukosta. Osaan kehittämistarpeista etsittiin valmiita ratkaisuja ja tutkimuksia aiheesta. Kehittämistarpeet on taulukoitu selvitystyön mukaisesti jaoteltuina eri toiminta-alueisiin.

Kaivossuunnittelu
Suunnittelutyökalu koko kaivoksen elinaikaisten (Life-of-Mine) suunnittelutoimien hallinnoimiseen Suunnittelutyökalua käytettäisiin hallinnoimaan koko kaivoksen elinaikaisia suunnittelutoimia aina pitkän tähtäimen suunnittelusta päivittäisten työvuorojen suunnitteluun asti. Yhtenä osa-alueena suunnittelutyökaluun liittyy suunnitelmien ja raportoinnin digitalisointi, joka vaatii avoimuutta ja yhteensopivuutta muiden ohjelmistojen ja mittalaitteiden tuottaman mittaustiedon kanssa sekä ohjelmistojen räätälöityvyyttä.

Kaivosmittaus
Kaivostunneleiden kunnonvalvonta Vaijereiden katkeilun ja ruiskubetonin maahan varisemisen havaitseminen esimerkiksi konekuulolla.
Ratkeamien etenemisen seuranta
Konekohtainen takymetriohjaus, jota käytetään koneiden ja laitteiden sijoittamiseksi tunneliin

Louhinta
Esirikastus maanalaisessa kaivoksessa Malmin esirikastus jo maan alla, jolloin energian kulutus vähenee rikastamalla, materiaalin kuljetustarve kaivoksen ja rikastamon välillä vähenee sekä sivukiven hävittämistarve vähenee rikastamalla. Lisäksi materiaalin kuljetus vähenee molempiin suuntiin, koska erotetulla sivukivellä voidaan täyttää louhoksia. Esimerkiksi Tomra ja Comex ovat kehittäneet omat järjestelmät, joiden avulla malmi ja sivukivi voidaan tunnistaa materiaalivirrasta ja erottaa paineilman avulla. Molemmissa järjestelmissä tunnistaminen tapahtuu kuljettimelta materiaalista riippuen näkyvällä valolla, lähi-infrapunalla, keski-infrapunalla, ultraviolettisäteilyllä, röntgenillä tai useammalla näistä. Järjestelmien puute on kuitenkin kapasiteetti, joka on maksimissaan noin 250 t/h. (Comex, 2016) Lisäksi malmin ja sivukiven tunnistaminen ilman riittävää käsittelyä on haastavaa.
Jatkuva-aikainen louhinta Maanalaisen kaivoksen louhinnasta jatkuva-aikaista, jolloin välttyttäisiin räjäytyksen aiheuttamalta keskeytykseltä. Lisäksi työturvallisuus paranee, kun räjäytyksen jälkeistä vaarallisten kaasujen tuuletusta ei tarvita eikä ole räjäytyksen aiheuttamaa sortumisvaaraa. Kovalle kalliolle ei ole vielä valmista ratkaisua, mutta mm. Sandvik, Aker Wirth ja Atlas Copco ovat suunnitelleet ja testanneet laitteistoa. Nykyisten tunnelin kaivajien ongelmana on kovan kallion louhinta ja hidas siirtonopeus, noin 2-4 km/h.
Malmipitoisuus- ja koostumusmittaukset panostusreiästä Kaivoksilla on tarve mitata malmin pitoisuus ja koostumus panostusreiästä, jotta panostus osataan tehdä sopivalla tavalla. Optimoidulla panostuksella säästetään panostus- ja porauskustannuksissa, vähennetään suurten lohokareiden muodostumista sekä estetään malmin ja sivukiven sekoittuminen. Esimerkiksi IMA Engineering on kehittänyt OREalyzer-järjestelmän, joka kerää näytteitä ja analysoi panostusreiästä kallion malmipitoisuudet sitä porattaessa. Järjestelmää voidaan käyttää sekä kuiva- että märkäporaukseen ja se voidaan jälkiasentaa olemassa oleviin poravaunuihin. (Ima engineering, 2016)
Panostusreikien todellisten paikkojen määrittäminen Panostusreikien todellisten paikkojen määrittäminen on tärkeää, jos räjäytyksen jälkeen mitataan raekoko ja räjäytyksestä annetaan palautetta. Voisiko panostusreikien paikat määrittää lumettomaan aikaan UAV:n avulla?
On-line analyysi, jolla voidaan seurata ja ennustaa tulevan malmin ominaisuuksia ja etenemistä rikastamoon Rikastamolle tulevan malmin ominaisuudet kuten esimerkiksi sen metalli- ja rikkipitoisuudet olisi hyvä tietää ennakkolta, jotta rikastamon ajoparametreja voitaisiin säätää tarvittaessa parhaimman saannin turvaamiseksi. Ajoparametreja täytyy säätää silloin, kun louhittavan malmin ominaisuudet muuttuvat kaivoksella. Esimerkiksi Metso on kehittänyt malmin seuraamiseksi tuotteen nimeltä SmartTag. Siinä malmin sekaan laitetaan RFID-tageja. Samalla otetaan malmista näyte, joka analysoidaan laboratoriossa. Kun malmin seassa oleva RFID-taggi tunnistetaan automaattisesti rikastamolla, tiedetään etukäteen, että millaisilla ominaisuuksilla olevaa malmin on tulossa käsittelyyn.
Poraukseen liittyvät tarpeet: tuotannon reikäseuranta ja etäporaus Maanalaisissa kaivoksissa on tuotannon reikäseurannassa tarve mitata porareikien taipumista. Etäporaukselle on tarvetta vaarallisissa paikoissa, kuten avolouhosten reunoilla.

Materiaalin siirto

Kevyt ja edullinen kalustonhallintajärjestelmä

Kaivoksilla on tarve kevyelle ja edulliselle kalustonhallintajärjestelmälle. Nykyään on saatavilla kaluston toimittajien oma järjestelmä vain omalle kalustolle ja kolmannen osapuolen kalustosta riippumaton järjestelmä. Molemmat ratkaisut ovat liian kalliita vähäiselle kalustomäärälle. Kalustonhallintajärjestelmä on laajempi asia, koska sillä tarkoitetaan myös mm. siirron optimointia eli mille lastaajalle dumpperin kannattaa mennä, jotta odotusaika on lyhin.

Pyöräkoneiden renkaiden seuranta

Tavoitteena havaita pyöräkoneiden renkaiden sivuilla olevat viillot esimerkiksi lämpökameralla mittaamalla.

Maanpäällisten GPS-pohjaisten paikannusjärjestelmien kehittäminen vähemmän satelliiteista riippuvaisiksi

Hihnakuuljettimien pitäisi kyetä siirtämään yli 400 mm kokoista materiaalia

Murskaus

Puristavilla murskaimilla suuremmat murskaussuhteet

Ylisuurten kivien automaattinen tunnistus

Tiedonhallinta

Laatu-, ympäristö- ja turvallisuuden hallintajärjestelmien kehittäminen

Ohjeiden suuri määrä, josta aiheutuu haasteita niiden ajan tasalla pitämiseen, saatavuuteen ja käsittelyyn.

Raporttipohjien muokkaaminen

Raporttipohjien muokkaaminen on hankalaa tai ei onnistu ja sille olisi tarvetta.

Kenttätiedon hallinta

Työskenneltäessä kenttäolosuhteissa kaivoksella on tarvetta siellä kertyvän tai käytettävän tiedon hallintaan. Hallintaan liittyy mm. reaaliaikaista tiedonsiirtoa työpisteistä ja työkoneista eri raportointijärjestelmiin. Kenttätiedon hallintaa tarvitaan esimerkiksi työluvien käsittelyyn kentällä, kentällä tapahtuvassa raportoinnista, johon voitaisiin liittää valokuvia ja paikkatietoja tarvittaessa. Tiedon keräämisessä ja hallinnassa käytettäviä laitteita olisivat erilaiset mobiililaitteet kuten älypuhelimet ja tabletit. Haasteena on vaativa ympäristö tiedonsiirron kannalta esimerkiksi tiedonsiirto kallion läpi.

Raportointijärjestelmien yhteensopivuus

Eri raportointijärjestelmät käyttävät omia tietokantoja, jotka eivät yleensä ole yhteensopivia muiden järjestelmien kanssa. Kehittämistarpeena olisi raportointijärjestelmien yhteensovittaminen yhteen järjestelmään.

Lisäksi kaikkien järjestelmien pitäisi ymmärtää toisiaan datan käytön näkökulmasta, jotta eri järjestelmät pystyisivät käyttämään dataa tehokkaasti riippumatta järjestelmästä, joka datan on tuottanut.

Käytettävyys- ja käyntiasteanalyysien kehittäminen osaksi prosessiautomaatiota

Turvallisuus

Louhoksen seinien pysyvyyden valvonta lastauksen aikana

Louhoksen seinien pysyvyyden valvonta lastauksen aikana maanalaisessa kaivoksessa ja mahdollisesti avolouhoksissa silloin kun louhinta tapahtuu niin syvällä, että seinämän pysyvyyden muuttumisriski on olemassa. Tarve pysyvyyden valvontaan tulee ennen kaikkea silloin kun lastaus on edennyt siten, että räjäytetty materiaali ei enää tue louhoksen seinämiä samalla tavalla, kun räjäytyksen jälkeen lastausta aloitettaessa. Seinien pysyvyyden valvonta tulisi suorittaa lastauksen aikana mahdollisimman jatkuva-aikaisesti.

Hätätapauksessa savukaasujen nopea tuuletuksen ohjaus

Ympäristö

Ympäristön kuvaaminen UAV:llä

Kaivosalueen ympäristöä voitaisiin kuvata normaalikameralla tai lämpökameralla säännöllisesti UAV:n avulla. Lämpökameran kuvista voisi olla mahdollista havaita mm. vesivuodot ja rumpujen jäätymiset. Lisäksi kuvia vertailemalla voisi olla mahdollista havaita pitemmän ajan haitallisia muutoksia.

Vesien hallinnan kehittäminen

Vesien hallinnan kehittäminen tarkoittaa vesien puhdistusmenetelmien kehittämistä, erityisesti syntyvien rejektien, metallisakkojen yms. hallintaa, stabilointia ja hyötykäyttöä. Vesien käyttö tulisi olla suljetussa kierrossa ja regeneroida uudelleen käyttöön eli vesien käsittely tulisi olla JOT-ajattelun mukaista. Lisäksi tulisi kehittää vesitaseiden mittausta ja niihin raportointia.

Rikastehiekan hallinnan kehittäminen

Rikastehiekan hallinta kehittäminen sisältää läjitykseen liittyvät tekniikat maanpäällä ja kaivoksessa sekä kaivostäyttö. Lisäksi kaivoksilla on tarpeita rikastehiekka-altaiden pohja- ja peittorakenteiden kehittämisessä, patojen stabiiliteetin valvonnassa ja täytön valvonnassa.

4 Yhteenveto

Kaivosten kehittämistarpeiden selvityksen perusteella tunnistettiin kolme pääasiallista kohdetta, jotka tulivat esille useammassa haastattelutilanteessa. Nämä olivat tuotantoalueiden 3d-mittaus ja mallinnus kustannustehokkaasti, vierasesineiden poisto materiaalivirrasta sekä räjäytyksen ja murskauksen hallintaan liittyen kiviaineksen raekoon mittaaminen.

Tuotantoalueiden 3d-mittaus ja mallinnus tarkoittaa laajojen alueiden kuten sivukivikasojen, vesi- ja rikastehiekka-altaiden ja avolouhosten 3d-mittaamista ja mallintamista reaaliajassa. Lisäksi maan alla on tarve louhoksien ja tunneleiden 3d-mittaukselle ja mallintamiselle. Mittausten tulee tapahtua mahdollisimman helposti, automaattisesti ja jatkuva-aikaisesti. Mittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi UAV:lla, laserkeilaimella tai takymetrillä. Mittauksista luodaan automaattisesti tai puoliautomaattisesti kevyt ja arkipäiväiseen käyttöön sopiva 3d-malli, jota voidaan hyödyntää moniin eri tarkoituksiin.

Vierasesineiden poisto materiaalivirrasta tarkoittaa kiviaineksen seassa olevista sinne kuulumattomista esineistä, jotka voivat rikkoa laitteistoa ja aiheuttaa ongelmia rikastusprosessiin. Yksi ongelmia aiheuttavista on kaivinkoneen kauhankynnen joutuminen kiven seassa murskaimeen. Tämä voi rikkoa murskaimen tai tukkia sen pitkäksi aikaa. Ongelmaan on jo olemassa ratkaisuja, jotka perustuvat kauhauksen jatkuva-aikaiseen kuvaamiseen ja automaattiseen kynnen irtoamisen tunnistamiseen.

Kiviaineksen raekoon mittaamisella voidaan hallita räjäytystä ja murskausta. Kun raekoko mitataan, voidaan sen perusteella säätää räjäytysparametreja ja ohjata murskainta, jotta saadaan prosessin kannalta raekooltaan optimaalisinta ainesta. Raekoon mittaamiselle on tarvetta useassa kohdassa eri prosessointivaiheita esimerkiksi heti räjäytyksen jälkeen kentällä, dumpperin kipatessa malmi murskaimeen jne.

Haastatteluista ilmeni myös, että joka kaivoksella on omanlaisensa kehittämistarpeensa johtuen louhittavan malmin tyypistä. Kehittämistarpeet poikkeavat myös sen johdosta, että kuinka paljon vuodessa louhitaan kiveä. Esimerkiksi Kevitsassa louhitaan noin 38 miljoonaa tonnia vuodessa ja Kittilän kultakaivoksessa noin 2 miljoonaa tonnia. Myös maanalaisilla kaivoksilla on omat erityistarpeensa verrattuna avolouhoksiin.

Selvitystyö osoitti, että kehittämistarpeiden selvittäminen kannattaa rajata koskemaan tiettyä osaa kaivostoiminnasta. Kehittämistarpeiden syvällisempi ymmärtämi-

nen vaatii keskittymistä vain tiettyyn osaan kaivostoiminnasta ja kehittämistarpeet on hyvä käydä läpi useamman kaivoksen kanssa sekä alihankkijoiden että laite- ja järjestelmätoimittajien kanssa. Lisäksi kannattaa tehdä alustavaa kartoitusta kehittämistarpeista esimerkiksi nettikyselyn avulla ennen varsinaista haastattelua. Kyselyn tulokset kannattaa lähettää etukäteen haastateltaville henkilöille. Varsinaisessa haastattelutilanteessa on siten helpompi arvioida ja keskustella syvällisemmin kehittämistarpeista ja samalla voi nousta esille uusia kehittämistarpeita.

Haastateltaessa eri kaivoksia havaittiin, ettei välttämättä tarve ja siihen löytyvä ratkaisu kohtaa toisiaan. Esimerkiksi eräässä kaivoksessa oli tarve tehokkaammalle ja nopeammalle tavalle mitata kuluvia osia. Kun tämä kehittämistarve otettiin esille toisen kaivoksen kanssa keskusteltaessa, kävi ilmi, että siihen löytyy kaupallinen valmis ratkaisu, joka on heillä käytössä. Tämän perusteella voisi olettaa olevan tarvetta puolueettomalle tiedonvälittäjän roolille, joka kiertää kyselemässä kehittämistarpeita ja raportoi havainnoistaan niin kuin tämän hankkeen aikana tehtiin.

Lähteet

- Bamford, T.;Esmaili, K.;& Schoellig, A. P. (2016). A real-time analysis of rock fragmentation using UAV technology. Cornell University. Haettu 1.12. 2016 osoitteesta <https://arxiv.org/abs/1607.04243>
- BMT. (2016). Blast Movement Technologies. Haettu 15.12. 2016 osoitteesta <http://www.bmt.com.au/en/blast-monitoring/>
- Clickmox. (2016). TILT Ranger Drone. Haettu 16.11. 2016 osoitteesta <http://www.clickmox.com>
- Comex. (2016). Comex Innovative Industrial Technologies. Haettu 18.11. 2016 osoitteesta <http://www.comex-group.com/en/>
- Coroflot. (2016). HealthPals wearable health monitoring system. Haettu 11.10. 2016 osoitteesta http://www.coroflot.com/olga_epikhina/HealthPals-wearable-health-monitoring-system
- EngineerLive. (1. 2 2013). Monitoring ground engaging tools (GETs). Haettu 22.11. 2016 osoitteesta <http://www.engineerlive.com/content/23741>
- Ima engineering. (2016). Blasthole Sampler-Analyzer - a new tool for grade control. Haettu 23.11. 2016 osoitteesta <http://www.ima.fi/products-amp-services/products/orealyzer-blasthole-sampler-analyzer>
- IMV. (2016). Commercial Product 3DPM. Haettu 30. 11. 2016 osoitteesta <http://www.innovativemachinevision.com/commercial-product-3dpm/>
- Innovative Machine Vision. (2016). Fragmentation Assessment Studies for Mining. Haettu 30.11. 2016 osoitteesta <http://www.innovativemachinevision.com/fragmentation-assessment-studies-for-mining/>
- Lapin ammattikorkeakoulu. (2015). 3D mittauksen ja mallinnuksen uudet mahdollisuudet. Haettu 2.12. 2016 osoitteesta <http://www.lapinamk.fi/fi/Tyoelamalle/Tutkimus-ja-kehitys/Lapin-AMKin-hankkeet?RepoProject=522403>
- Metso. (2016). Superior 60-110E primary gyratory crusher. Haettu 13.12. 2016 osoitteesta <http://www.metso.com/products/primary-gyratory-crushers/primary-gyratory-crusher-60-110E-SUPERIOR/>
- Mobilaris. (2016). Mobilaris Mining Intelligence. Haettu 14.11. 2016 osoitteesta <http://www.mobilaris.se/solutions/mining-and-industrial-intelligence>
- Motion Metrics. (2016). ShovelMetrics, LoaderMetrics. Haettu 22.11. 2016 osoitteesta <http://www.motionmetrics.com/>

- Outotec. (2017). Crusher Mapper Condition Monitoring. Haettu 24.3. 2017 osoitteesta <http://new.outotec.com/services/maintenance-services/condition-monitoring/crushermapper-condition-monitoring/>
- Pix4D. (2016). Pix4Dmapper Pro. Haettu 14.12. 2016 osoitteesta <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>
- Split Engineering. (2016). Split-Online Systems. Haettu 1.12. 2016 osoitteesta <https://www.spliteng.com/products/split-online-systems/>
- Vandrico. (2016). Better Safety & Productivity. Haettu 14.11. 2016 osoitteesta <http://vandrico.com/connected-worker>

Tässä julkaisussa on esitelty Pohjois-Suomen kaivosten kehittämistarpeita louhinnasta primäärimurskaukseen. Kehittämistarpeet jaoteltiin koskemaan kaivossuunnittelua, kaivosmittausta, louhintaa, materiaalin siirtoa ja murskausta. Näitä kaikkia yhteisesti koskivat ympäristöön, turvallisuuteen ja tiedonhallintaan liittyvät kehittämistarpeet. Kahdeksan kehittämistarvetta on esitelty julkaisussa tarkemmin ja niihin etsittiin valmiita ratkaisuja. Jos valmista ratkaisua ei löytynyt, T&K-toimet ratkaisun löytämiseksi on kerrottu. Loput kehittämistarpeet on listattu taulukkoon toiminta-alueittain jaoteltuna.

Kolme kehittämistarvetta tuli esille useammassa kaivoksessa. Ne olivat tuotantoalueiden 3d-mittaus ja mallinnus kustannustehokkaasti, vierasesi-
neiden poisto materiaalivirrasta sekä räjäytyksen ja murskauksen hallintaan liittyen kiviaineksen raekoon mittaaminen.

Julkaisu liittyy Lapin ammattikorkeakoulussa Optisen mittaustekniikan laboratorion toteuttamaan selvityshankkeeseen Automaatio ja mittaustekniikan tarpeet kaivoksissa louhinnasta primäärimurskaukseen. Hankkeessa selvitettiin ja listattiin kaivosalan automaatio- ja mittaustekniikan tarpeita ja laadittiin suunnitelma tarpeita vastaavien ratkaisujen kehittämiseen. Hanke toteutettiin 2015–2016 välisenä aikana ja sitä rahoitettiin EU:n aluekehitysrastosta Kestävää kasvua ja työtä 2014–2020 Suomen rakennerahasto-ohjelmasta Lapin liiton toimesta.



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences

www.lapinamk.fi

ISBN 978-952-316-183-2