

Juha-Pekka Tolonen

SELVITYS KARKEAMURSKAAMON KIINTEÄSTÄ KUNNONVALVONNASTA

Insinööriö
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone ja tuotantotekniikka
Kevät 2012



**Kajaanin
ammattikorkeakoulu**

OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Juha-Pekka Tolonen	
Työn nimi Selvitys karkeamurskaamon kiinteästä kunnonvalvonnasta	
Vaihtoehtoiset ammattipinnot Kunnossapito Kaivostekniikka	Ohjaaja(t) Sanna Leinonen, Vilho Shnoro Toimeksiantaja Talvivaara Kaivos Oy
Aika Kevät 2012	Sivumäärä ja liitteet 53
<p>Tiivistelmä</p> <p>Paperiteollisuudessa sekä energian tuotannossa on vuosia käytetty kiinteää kunnonvalvontaa koneiden laakereiden kunnon valvontaan. Näillä toimialoilla koneiden käyttöasteet on saatu korkealle juuri tarkan ja jatkuvan kunnonvalvonnan avulla. Kaivosteollisuuteen kiinteä kunnonvalvonta on tulossa. Muutamilla kaivoksilla on käytössä järjestelmiä eri koneiden ja laitteiden valvomiseksi, mutta yleensä tällä hetkellä kunnonvalvontamittaukset suoritetaan käyttäen kannettavia mittalaitteita.</p> <p>Talvivaaran kaivoksella on tähän saakka suoritettu mittaavaa kunnonvalvontaa ainoastaan kannettavilla mittalaitteilla. Mitattavien laitteiden suuri määrä ja kaivosalueen laajuus ovat antaneet aiheen harkita kiinteän kunnonvalvonnan järjestelmän hankintaa.</p> <p>Tämä insinöörityö on tehty Talvivaaran kaivoksen malminkäsittelyosastolle. Työssä tuli selvittää karkeamurskaamon kunnonvalvontaan tarvittavat mittapistet, jotta saavutetaan riittävän kattava kunnonvalvonta. Samalla työssä tuli selvittää murskaamon ympäristöön parhaiten soveltuvat kiinteät kunnonvalvontajärjestelmät. Tämän selvityksen pohjalta työn lopulla kysyttiin alustavat tarjoukset kolmelta laitevalmistajalta.</p> <p>Työssä vaadittuihin lopputuloksiin pääsemiseksi on perehdytty eri laitevalmistajien tarjoamiin kunnonvalvontajärjestelmiin. Perehtymisessä on käytetty puhelinkeskusteluja laitevalmistajien edustajien kanssa, kirjallisuutta sekä laitevalmistajien esitteitä, joita on saatu käyttöön selvityksen tekemiseksi. Lisäksi työn tiedonhankintaa on täydennetty mittaavan kunnossapidon sekä malminkäsittelyn henkilökuntaa haastatteleamalla, jotta työssä on saatu selville tarvittavat mittauspisteet.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Kunnonvalvonta, murskaus, värähtelymittaus
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Juha-Pekka Tolonen	
Title A Condition Monitoring System for a Primary Crusher	
Optional Professional Studies Maintenance Mining Technology	Instructor(s) Mr. Vilho Shnoro, Ms. Sanna Leinonen
	Commissioned by Talvivaara Mining Company Plc
Date Spring 2012	Total Number of Pages and Appendices 53
<p>Abstract</p> <p>This Bachelor's thesis was made for Talvivaara Mining Company Plc. The primary purpose of the thesis was to find the best suitable condition monitoring system for a primary crusher and its auxiliary devices. The secondary purpose was to find out all the necessary measurement points to have a sufficiently wide system for condition monitoring.</p> <p>Paper and energy industry have used on-line condition monitoring systems for several years. For this reason utilization of machines has been at a very high level. In mining industry on-line condition monitoring systems are making a breakthrough. In some mines there are systems for condition monitoring, but in most cases condition monitoring measurements are made by using portable data collectors.</p> <p>To reach the goals set on the thesis different manufacturers systems were analyzed. In this analysis telephone conversations with representatives, literature as well as monitoring system brochures were made use of. To find all the necessary measurement points employees were also interviewed.</p> <p>The quotations from three different manufacturers were asked for. The measurement points were listed and checked with the condition monitoring experts of Talvivaara Mining Company. The mining company will start negotiations with the system manufacturers based on this thesis and its results.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Condition monitoring, crushing, vibration monitoring
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä insinöörityö on tehty Talvivaaran Kaivososakeyhtiön malminkäsittelyosastolle. Työn tarkoituksena oli hakea Talvivaaran kaivoksen karkeamurskaamolle parhaiten soveltuvat kiinteät kunnonvalvontajärjestelmät. Työssä tuli myös määritellä kunnonvalvontaan käytetty menetelmä, jotta karkeamurskaamon kunnonvalvonta voidaan suorittaa. Lisäksi työssä tuli määritellä tarvittavat mittapisteet riittävän kattavan kunnonvalvonnan järjestämiseksi karkeamurskaamon ympäristöön. Työssä tuli myös tehdä alustava tarjouspyyntö toimittajille, jotta järjestelmän hankinta voidaan aloittaa.

Kiitän Talvivaaran Kaivososakeyhtiön Erkki Kärkkäistä, Jyrki Hirvosta ja Vilho Shnoroa heidän antamastaan ohjauksesta ja opastuksesta työtä tehtäessä. Kiitos kuuluu myös koulutusohjelmavastaava Sanna Leinoselle Kajaanin ammattikorkeakoululta hyvistä neuvoista ja ohjeista työn oikeaan suuntaan saattamiseksi. Kiitän myös niitä lukuisia Talvivaaran työntekijöitä, joilta olen saanut arvokasta tietoa työn suorittamiseen.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	3
2 TALVIVAARAN KAIVOS	4
3 MALMINKÄSITTELY TALVIVAARASSA	6
3.1 Louhinta	6
3.2 Murskaus	7
3.3 Agglomerointi eli rakeistus	8
3.4 Kasaus	9
3.5 Metallien talteenotto	9
3.6 Kasan purku, uudelleen murskaus ja kuljetus	10
4 KUNNOSSAPITO	11
4.1 Kunnossapito Talvivaarassa	12
4.2 Mittaava kunnossapito Talvivaarassa	12
4.3 Kunnonvalvontamittaukset	14
4.4 Kuuntelu	15
4.5 Iskusysäys	15
4.6 Akustinen emissio	16
4.7 Värähtely	16
4.8 Lämpötila	17
4.9 Voiteluöljyjen analysointi	18
4.10 Sähkömoottorit	19
4.11 Kunnonvalvonnassa käytettävät anturit	19
5 KARKEAMURSKAAMON ESITTELY	20
5.1 Karkeamurskain	20
5.1.1 Murskaimen huolto	24
5.1.2 Vikaantuminen	24
5.2 Murskaamon apulaitteet	26
6 MITTAPISTEIDEN VALINTA	28
7 KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄT	33

	2
7.1 Järjestelmien arviointi	39
7.2 Hankinnassa huomioitavaa	40
8 HANKINTA	42
8.1 Hankintasuunnitelma	42
8.2 Alustavat yhteydenotot	42
8.3 Toimittajilta saadut vastaukset	43
8.4 Laittevalmistajien valinta jatkoneuvotteluihin	44
9 JOHTOPÄÄTÖKSET	45
10 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Kiinteitä kunnonvalvontajärjestelmiä on käytetty paperi- sekä energiateollisuudessa jo neljännesvuosisata. Tarkalla koneiden ja laitteiden kunnon seurannalla näillä teollisuudenaloilla koneiden käyttöasteet on saatu nostettua hyvin korkealle tasolle. Koneiden yllättävistä vikaantumisesta aiheutuneet vikakorjaukset ja koneiden pysäytykset on saatu minimoitua. Näin ollen korjaukset voidaan yleensä suorittaa ennalta aikataulutettujen seisokkien yhteydessä. Tällä toimintatavalla on saatu aikaiseksi suuria säästöjä.

Kaivosteollisuus on tullut hieman jälkijunassa kiinteissä kunnonvalvontajärjestelmissä. Koneiden kuntoa on mitattu kannettavilla mittareilla. Käytettäessä kannettavia mittareita saadaan koneiden laakereiden kunnosta kyllä hyvin tietoa, mutta ongelmana on mittausten välisen ajan vikakehitys. Siihen pääsee pureutumaan ainoastaan on-line-mittauksilla.

Käytettäessä kiinteitä kunnonvalvontamittauksia voidaan saavuttaa merkittäviä etuja laitteiden kunnonvalvonnassa. Kaikki mittaukset ovat toistettavissa aina samalla tavalla. Lisäksi mittaustyö on turvallisempaa, koska mittaajan ei tarvitse mennä fyysisesti mittaamaan joskus hyvinkin hankaliin paikkoihin. Kiinteällä kunnonvalvonnalla saadaan ajantasaista mittaustietoa. Mittausten tulosten perusteella voidaan suunnitella koneiden huollot sekä varata tarvittavat resurssit hyvissä ajoin valmiiksi.

Viime vuosina myös kaivosteollisuudessa on aloitettu investointeja kiinteisiin kunnonvalvontajärjestelmiin. Talvivaaran kaivos Sotkamossa haluaa aloittaa kiinteiden kunnonvalvontajärjestelmien käytön ja kehityksen karkeamurskaamon ympäristöstä. Tähän tarpeeseen on suunnattu myös tämä insinööriyö.

Työssä tuli selvittää tarpeelliset mittauspisteet riittävän kattavan kunnonvalvonnan saamiseksi karkeamurskaamolle. Työssä tuli myös tehdä selvitys mahdollisista laitetoimittajista, joiden kanssa voidaan lähteä tekemään tarkempaa suunnittelua mahdollisen laiteinvestoinnin suorittamiseksi.

2 TALVIVAARAN KAIIVOS

Talvivaaran kaivos sijaitsee Sotkamossa Kainuussa. Kaivososakeyhtiö on perustettu vuonna 2003, ja louhinnan kaivos aloitti vuonna 2008. Talvivaara on listattu sekä Lontoon pörssin päälistalle että Helsingin pörssin OMXH25 -listalle. Talvivaarassa työskentelee tällä hetkellä noin 500 työntekijää. Lisäksi alueella työskentelee noin 200 aliurakoitsijoiden työntekijää.

Alun perin Talvivaaran kaivosalue kuului Outokumpu Oy:lle, mutta Outokumpu on myynyt kaivosoikeudet Talvivaaralle. Outokumpu on tehnyt alueella tutkimustyötä 1980-luvulla, jonka perusteella Talvivaara kiinnostui alueen malmiosta.

Tällä hetkellä Talvivaaran kaivos tuottaa metallipuolituotteita eli metallisulfideja. Metallisulfidit jalostetaan metalleiksi muissa metallien jalostukseen keskittyneissä yrityksissä. Tällä hetkellä Talvivaara tutkii mahdollisuutta ottaa käyttöön metallien jalostusarvoa nostavia teknologioita.

Talvivaaran mineraalivarannot ovat noin 1550 miljoonaa tonnia. Metallimalmit sijaitsevat alueella varsin pinnassa, joten niiden hyödyntäminen on helppoa. Talvivaarassa käytetty louhintamenetelmä on avolouhos, joka on louhinnan kannalta helppo ja kustannustehokas menetelmä malmien talteenottamiseksi. Tämänhetkisen tuotantosuunnitelman mukaan malmia riittää Talvivaaran alueella noin 40 vuodeksi.

Kaivoksen suunniteltu vuosituotanto vuodelle 2012 on nikkeliä 25–30 000 tonnia, lisäksi tarkoituksena on tuottaa sinkkiä ja kuparia. Lisäksi kaivos tuottaa pieniä määriä kobolttia vuodessa. Malmia louhitaan tällä hetkellä Kuusilammen malmiosta. Tulevaisuudessa on tarkoitus ottaa käyttöön myös Kolmisopen malmio. Malmia louhitaan nykyisellään noin 18 miljoonaa tonnia vuodessa. Lisäksi louhitaan sivukiveä noin 12 miljoonaa tonnia. Sivukiveä käytetään tällä hetkellä sekundäärikasojen pohjien rakennukseen sekä muihin alueen rakennushankkeisiin.

Talvivaarassa on käynnissä projekti uraanin uuttamiseksi liuotusprosessista saatavasta liuoksesta. Projekti tunnetaan Talvivaarassa nimeltä Ursus. Yhtiö on tehnyt vuonna 2010 sopimuksen uraanioksidin talteenotosta kanadalaisen Cameco Corporationin kanssa. Hanke odottaa tällä hetkellä tarvittavia lupia valtioneuvostolta ja muilta lupaviranomaisilta.

Lisäksi Talvivaarassa on meneillään hanke tuotannon kasvattamiseksi ja metallitehtaan rakentamiseksi tehdasalueelle. Nämä hankkeet olivat insinööriyön tekoaikaan alkuvaiheessa.

Talvivaaran tuotanto-organisaatio jakautuu kaivososastoon, malminkäsittelyyn, bioliuotukseen ja vesien käsittelyyn sekä metallien talteenottoon. Malminkäsittely vastaa murskauksesta, kuljetuksesta ja kasauksesta. Metallien talteenotto vastaa metallitehtaan toiminnasta. Lisäksi metallin talteenotto vastaa tarvittavien kemikaalien ja kalkin käsittelystä.

Tämän hetken tuotannolla Talvivaaran arvioidaan olevan maailman kahdentoista suurimman nikkelin tuottajan joukossa. Suunnitelman mukaiseen 50 000 tonnin vuosituotantoon päästyään Talvivaaran Sotkamon kaivoksesta tulee yksi maailman kuudesta suurimmasta nikkelin tuottajasta.

Kaivoksen päätuotteista nikkeliä käytetään ruostumattomien ja haponkestävien terästen valmistuksessa. Lisäksi nikkeliä käytetään runsaasti myös erilaisissa seosmetalleissa. Yksi nikkelin ominaisuuksista on antibakteerisuus, josta syystä nikkeliä käytetään muun muassa sairaaloiden pöytien ja tasojen pinnoituksissa sekä suurkeittiöiden pinnoituksissa. Näiden lisäksi nikkeliä käytetään auto- ja akkuteollisuudessa sekä elektroniikkateollisuudessa. Talvivaaran tuottama nikkelisulfidi jalostetaan nikkeliksi Norilsk Nickel Oy:n Harjavallan tehtaalla. Nikkelisulfidi toimitetaan Talvivaarasta Harjavaltaan junakuljetuksilla.

Toinen kaivoksen päätuotteista on sinkki. Sinkkiä käytetään muun muassa korkealaatuisten terästuotteiden valmistuksessa. Pääasiassa sinkkiä käytetään erilaisten metallien pinnoituksessa, jolloin perusmetallin korroosionesto-ominaisuudet paranevat. Talvivaara toimittaa sinkkiraaka-aineen monimetalliyhtiö Nyrstarille. Myös sinkkisulfidi toimitetaan jatkojalostukseen junakuljetuksin.

Kaivoksen tuottamaa kuparia käytetään yleensä elektroniikka- ja sähkölaitteiden valmistuksessa. Erilaiset sähkönjohteet ja kaapelit ovat kuparin pääkäyttökohteet. Kupari on myös merkittävä seosmetallien raaka-aine. Esimerkiksi sinkistä ja kuparista voidaan valmistaa messinkiä. [1, 2.]

3 MALMINKÄSITTELY TALVIVAARASSA

3.1 Louhinta

Talvivaaran malmia louhitaan poraus-panostusmenetelmällä. Louhintamenetelmää kutsutaan paikoilleen louhinnaksi. Talvivaaran malmi voidaan louhia avolouhosmenetelmällä, joka on tehokas ja taloudellinen louhimismenetelmä. Avolouhosmenetelmässä malmin louhimista-pahtuma tehdään suuressa avolouhoksessa maan pinnalla. Avolouhos soveltuu malmioille, jotka sijaitsevat suhteellisen lähellä maan pintaa. Toinen malminlouhintamenetelmä on maanalainen louhinta. Siinä malmi louhitaan maanalle louhittujen kuilujen kautta.

Talvivaaran louhintatyössä malmioon porataan reikiä, jotka täytetään räjähdysaineella. Räjähdysaine räjäytetään, jolloin kiviaines irtoaa kalliosta. Talvivaarassa räjäytetään kerralla jopa 300 000 tonnin suuruisia kenttiä. Räjäytykset tapahtuvat 1–2 kertaa viikossa. Talvivaarassa käytetään poraukseen poravaunuja. Vaunut ovat niin sanottuja päältätyöviä, eli porauksen isku tuotetaan porakangen yläpäähän sijoitetun koneiston avulla. Poravaunuja on tällä hetkellä käytössä kolme kappaletta. Reikäkoot vaihtelevat konetyypin mukaan ollen 89 –140 mm.

Räjäyttämällä irrotettu malmi kuormataan kiviautoihin kaivukoneilla sekä pyöräkuormaajalla. Kiviautot kuljettavat malmin louhokselta murskattavaksi. Kuljetusmatka louhokselta murskaimelle on noin 1,5 kilometriä. Talvivaaran kiviautot voivat kuljettaa 165 tonnia malmikiveä kerralla. Kiviautoja on Talvivaarassa käytössä kahdeksan kappaletta. Lisäksi käytettävissä on myös urakoitsijoiden kuljetuskalustoa. Talvivaara vastaa itse kaikesta louhintatoiminnasta. Aiemmin Destia Oy huolehti sivukiven louhinnasta Talvivaaran kaivosalueella. Vuotuiset louhintamäärät ovat tällä hetkellä 18 miljoonaa tonnia malmikiveä sekä 12 miljoonaa tonnia sivukiveä vuodessa. [3, 4.]

3.2 Murskaus

Murskausta käytetään pienentämään käsiteltävän materiaalin partikkelikokoa. Syynä pienennystarpeeseen ovat yleensä jatkoprosessin tarpeet tai materiaalin parempi käsiteltävyys. Kiviainesteollisuudessa murskausta käytetään joko jatkokäsittelyn helpottamiseksi tai lopputuotteen saamiseksi. Ensimmäisestä vaihtoehdosta esimerkkinä voisi mainita kaivosteollisuuden, jossa murskausta käytetään malmikiven pienentämiseksi. Lopputuotteen saamisesta voisi mainita esimerkkinä vaikkapa rakennusteollisuuden käyttämän murskeen valmistuksen.

Murskaus perustuu materiaalin pienentämiseen joko puristuksen tai iskun avulla. Erilaiset murskaimet voidaan jakaa niiden toimintatavan mukaan neljään erilliseen luokkaan. Alla on lueteltu pääluokat:

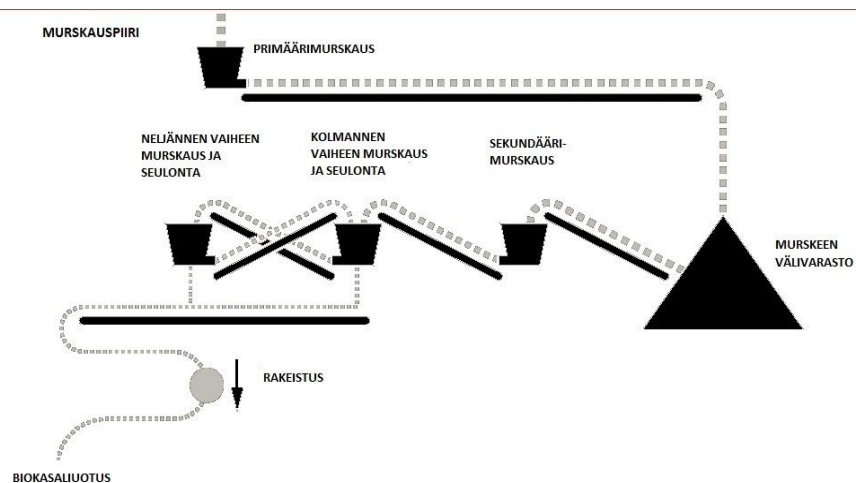
- Leukamurskaimet
- Kartiomurskaimet
- Valssimurskaimet
- Iskumurskaimet

Murskausta tehdään yleensä useammassa kuin yhdessä vaiheessa. Yleensä yhdessä vaiheessa suoritettu murskaus ei tuota haluttua lopputulosta, vaan materiaalia joudutaan murskaamaan seulomisen tai muun erottelun jälkeen uudelleen. Jos murskaimen jälkeen ei ole seulontaa, vaan materiaali jatkaa suoraan seuraavaan vaiheeseen, niin puhutaan avoimesta murskauspiiristä. Jos taas murskaimen jälkeen on seulonta, josta osa materiaalista palautuu takaisin käsittelyyn, puhutaan suljetusta murskauspiiristä. [5, s. 199]

Talvivaarassa on käytössä neljävaiheinen murskaus. Louhittu malmi kuljetetaan kiviautoilla karkeamurskaimelle. Murskattava kiviaines on pääsääntöisesti alle 800 mm kokoista malmikiveä. Kiviauto kippaa kuljettamansa malmin karkeamurskaimen kitaan ja murskain jauhaa malmikiven noin 165 mm:n kokoon. Ensiömurskauksen jälkeen malmi kuljetetaan kuljettimella välivarastoon. Kuljetusmatka ensiömurskauksen ja välivaraston välillä on noin 2,4 kilometriä. Ensiömurskattua malmia on välivarastossa noin kahdeksan tunnin tarvetta vastaava määrä. Välivaraston koko on noin 20 000 tonnia.

Välivarastosta malmi kuljetetaan kuljettimella toiseen murskukseen. Tämän murskaimen suljetun pään asetusarvo on 55–60 mm. Sekundäärimurskaimena toimii Sandvikin karamurskain. Sekundäärimurskauksen jälkeen malmi kuljetetaan 3. vaiheen murskukseen, jossa on myös malmin seulonta. Kolmannen vaiheen murskain on myös Sandvikin toimittama karamurskain. Seulonnasta saatu metallien liuotukseen soveltumaton ylisuuri kiviaines siirretään neljännen vaiheen murskukseen, jonka jälkeen aines seulotaan uudelleen.

Murskauksen neljännessä vaiheessa kiviaines murskataan neljännen kerran. Tavoitteena on noin 8 mm raekoko malmille. Murskaimena toimii Sandvikin kara-tyyppinen murskain. Neljännessä vaiheessa on myös seulonta, josta ylisuuri kiviaines palautuu uudelleen murskattavaksi. Murskauksen kolmas ja neljäs vaihe ovat siis suljettuja murskauspiirejä. Murskauksen neljättä vaihetta kutsutaan hienomurskaukseksi. Kuva murskauspiiristä alla. Kuva on piirretty käyttäen mallina Talvivaaran vuosikertomuksesta 2011 löytyvää kuvaa.



Kuva 1, Malminkäsittelyn periaatekuva

3.3 Agglomerointi eli rakeistus

Agglomeroinnissa eli rakeistuksessa murskattu kiviaines käsitellään laimealla rikkihapolla, jotta murskeessa oleva hienojakoinen aines saadaan yhdistettyä karkeampaan materiaaliin jatkokäsittelyn helpottamiseksi. Lisäksi metallien liuotuksen vaatima ilma sekä liuotusvesi

jakautuvat paremmin liuotuskasassa, kun materiaali ei ole liian hienoa. Agglomerointi tapahtuu suurissa hitaasti pyörivissä lieriönmuotoisissa säiliöissä, joissa rikkihappo ja kiviaines sekoittuvat. Tavoiteltu malmin raekoko on agglomeroinnin jälkeen 8 mm. Agglomerointirympy on 4 kappaletta, ja ne ovat kooltaan 3,5 * 8 metriä. [4.]

3.4 Kasaus

Agglomeroinnista malmikivi kuljetetaan kuljettimia pitkin liuotuskasalle, jossa malmi kasataan erillisellä kasauskoneella. Liuotuskasoja on Talvivaarassa tällä hetkellä neljä kappaletta. Bioliuotusalueen koko on 800 * 2400 metriä. Liuotuskasat ovat 8 metriä korkeat. Liuotuskasassa talteen otettava malmi liuotetaan kiviaineksesta irti käyttämällä luonnollista kiven liuotusprosessia. Siinä bakteerit liuottavat kiveä. Liuotuksen nopeuttamiseksi kasaan lisätään rikkihappoa kasan pH-tason säätämiseksi. Lisäksi kasasta luennutta mineraaliliuosta kierrätetään takaisin kasaan liukenemistapahtuman nopeuttamiseksi.

Liuotuskasaan syötetään puhaltimilla ilmaa, jolla säädellään kasan lämpötilaa. Puhaltimia on jokaisella liuotuskasalla 8 kpl, eli yhteensä puhaltimia on 32 kappaletta. Kesällä kasoja uhkaa liiallinen lämpeneminen ja talvella liuotusprosessin uhkana on jäätyminen. Lisäksi metalleja liuottavat bakteerit tarvitsevat ilmaa pystyäkseen liuottamaan kiviainesta. [4.]

3.5 Metallien talteenotto

Liuotuskasoista saatu liuos kerätään keräilyaltaisiin, joista liuos pumpataan putkilinjoja pitkin metallien talteenottoon. Siellä liuosta saostetaan ja käsitellään eri menetelmin, jotta saadaan eri metallit saostettua ja eroteltua prosessiliuoksesta. Käsittelyjen jälkeen saostetut metallisulfidit varastoidaan odottamaan junakuljetuksia jatkojalostukseen. [1.]

3.6 Kasan purku, uudelleen murskaus ja kuljetus

Oltuaan primääriliuotuskasassa noin 1,5 vuotta malmi puretaan kasasta. Purkuvaiheessa malmi murskataan uudelleen ja murskauksen jälkeen malmi kuljetetaan kuljetinlinjaa pitkin sekundääriliuotuskasalle. Sekundääriliuotuskasalla kiviaines kasataan uudelleen vastaavalla laitteistolla kuin primäärikasalla. Sekundääriliuotuksessa tarkoituksena on ottaa talteen malmiin primääriliuotuksen jälkeen jääneet metallit. Sekundääriliuotuskasa toimii myös kiven lopullisena sijoituspaikkana, eli tästä kasasta kiveä ei nykytiedon mukaan enää siirretä. [4.]

4 KUNNOSSAPITO

Teollisuuden kunnossapitotoimilla pyritään mahdollisimman suureen käytönvarmuuteen. Kunnossapito on määritelty standardissa PSK 6201 seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttamaan se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”.

Kunnossapitotoimet voidaan jakaa karkeasti kolmeen erilaiseen kunnossapitotoimeen. Ensimmäinen on ajallinen jaottelu. Sitä voidaan nimittää myös ehkäiseväksi kunnossapidoksi. Siinä kohteen kunnossapitotoiminta perustuu joko kalenteriaikaan tai koneen käyttötuntien perusteella tehtäviin kunnossapito toimintoihin. Joissakin tapauksissa voi huollon määräävässä tietona olla myös käyttökertojen lukumäärä. Esimerkkinä tällaisesta voisi mainita vaikkapa auton määräaikaishuollot, joissa huoltotarve määritellään ajettujen kilometrien perusteella. Huonona puolena tällaisesta toiminnasta on se, että tässä voidaan huoltotoimia tehdä turhaan, eli huolletaan kunnossa olevaa laitteistoa varmuuden vuoksi. Toinen huono puoli on, ettei laitteen kunnosta ole olemassa huoltojen välillä kuntotietoa. [7, 8.]

Toinen kunnossapitometodi on vikaantumiseen perustuva kunnossapito. Tätä voidaan nimittää korjaavaksi kunnossapidoksi. Siinä laitteen kunnossapitotoimet aloitetaan vasta laitteen vikaannuttua. Laitetta ei seurata millään tavalla käyttöjakson aikana, vaan kunnossapitotoimet aloitetaan vasta vian havaitsemisen jälkeen. Huonona puolena tällaiselle toimintatavalle on se, että viat tulevat yllättäen eikä niihin voida varautua millään tavalla. Tällainen kunnossapito ei yleensä sovellu tuotantokoneiden kunnossapidoksi, vaan tätä käytetään yleensä niin sanottujen vähemmän tärkeiden kohteiden kunnossapidossa.

Kolmas kunnossapitokäytäntö on kohteen kuntoon perustuva kunnossapito. Siinä laitteen kuntoa seurataan käytön aikana, jolloin saadaan kattavaa tietoa laitteen kunnosta jo käynnin aikana. Näin toimien voidaan mahdolliset huolto- ja korjaustarpeet ajoittaa parhaaseen mahdolliseen aikaan, jolloin tuotanto häiriintyy mahdollisimman vähän laitteen vaatimista huolto- toimista. Lisäksi tässä menetelmässä saadaan mahdollisesti tarvittavat varaosat ja tarvittavat huoltoresurssit varattua aikaisessa vaiheessa. Kunnan seurantaan osallistuvat yleensä käytöstä vastaavat henkilöt sekä erilliset kunnan seurannasta vastaavat henkilöt. Kohteen kuntoa voidaan seurata jollakin mittaavaan kunnossapitotoimintaan kuuluvalla menetelmällä. [7, 8.]

4.1 Kunnossapito Talvivaarassa

Talvivaaran kunnossapito-organisaatio jakautuu kahteen eri osastoon. Metallien talteenotolla on oma kunnossapito-organisaationsa ja malminkäsittelyllä on oma kunnossapito-organisaatio. Malminkäsittelyn kunnossapidossa työskentelee tällä hetkellä Talvivaarassa noin 40 henkilöä. Lisäksi Talvivaarassa on Sandvikin palveluksessa noin 20 henkilöä joiden vastuulla on muiden murskaimien, kuljettimien sekä seulomon kunnossapitotoimia. Näiden lisäksi Talvivaarassa työskentelee säännöllisesti myös muita ulkopuolisia alihankkijoita kunnossapidon eri osa-alueilla. Yhteisiä resursseja kunnossapidossa on muun muassa kunnossapidon mittauksien alalla. [4, 9.]

4.2 Mittaava kunnossapito Talvivaarassa

Talvivaaralla on oma mittaavan kunnossapidon tiimi, joka suorittaa kunnonvalvontamittauksia Talvivaaran kaivosalueella. Mittauksissa käytetään pääasiassa SKF:n kannettavaa mittalaitetta Micrologia. Laite mittaa värähtelyarvoja kiihtyvyyssanturia käyttäen. Lisäksi laitteella voidaan mitata mitattavan kohteen pyörimisnopeutta. Kenttälaitteilta kerätyt mittaustulokset analysoidaan toimistolla toimistotietokoneeseen asennetulla SKF:n analysointiohjelmalla. Ohjelman nimi on SKF @ptitude Analyst. Mittaustiedot siirretään ohjelmaan kannettavasta mittalaitteesta, ja värähtelyarvoja voidaan tämän jälkeen analysoida. Talvivaarassa on käytössä kahdenlaisia Micrologin mittaustaitteita, kaksikanavainen ja neljäkanavainen mittalaite. Kuvassa 2 on esitetty SKF:n kannettava mittalaite. [10.]



Kuva 2.

Toinen kannettava tiedonkeruulaitemalli on värähtelyn tehollisarvoa mittaava SKF:n keräyslaite. Sillä suoritetaan mittauksia tarvittaessa nopeaa analysointia koneen kunnosta. Mittarissa on valittavissa joko lämpötilan mittaus tai värähtelyn tehollisarvon mittaus.

Talvivaarassa on lisäksi kaapeloitu joistakin kohteista värähtelyn tehollisarvoja (RMS) Metso DNA-ohjausjärjestelmän näytölle. Mittaavalla kunnossapidolla on lisäksi käytössä koneiden laakereiden kuunteluun soveltuva laite, jolla voidaan kuunnella koneenosien aiheuttamaa ääntä ja päätellä äänen perusteella mahdollista vikaantumista.

Empower Oy suorittaa joitakin kunnossapidon värähtelymittauksia Talvivaarassa toimien mittauksissa alihankkijana. Empower käyttää kannettavia värähtelyn mittalaitteita tehdessään kunnonvalvontamittauksia. Dekra Oy suorittaa ainetta rikkomattomia materiaalin tutkimuksia Talvivaarassa. Dekralla on käytössä sekä tunkeumaneste- että röntgentutkimuksiin soveltuvat laitteet. Tutkimuksia tehdään pääasiassa putkilinjoille sekä paineastioille, jotka tarvitsevat tarkempaa tutkimusta vuotojen ja rikkoutumisten ennaltaehkäisemiseksi. [10.]

4.3 Kunnonvalvontamittaukset

Erilaisilla kunnonvalvontamittauksilla pyritään löytämään alkavat viat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että pystytään havaitsemaan vikaantumisen aikaansaama poikkeama mitattavassa suuressa. Tästä tiedosta on selvitettävä vian vakavuusaste ja päätettävä tarvittavat korjaustoimenpiteet. Periaatteellisella tasolla voidaan kunnonvalvontamittaukset jakaa seuraaviin toimenpiteisiin: tilanteen havaitseminen, syyn selvittäminen, arvio vian vakavuudesta, toimenpidesuositus sekä mahdollisten tarvittavien parantavien toimien tekeminen. [7, 11.]

Tehokkaalla kunnonvalvontamittauksella voidaan löytää alkavat laakeriviat niin varhaisessa vaiheessa, että laakerilla voidaan ajaa jopa kuukausia ennen laakerinvaihtoa. Näin toimien voidaan korjaavat toimenpiteet ajoittaa siten, että tuotannolle aiheutuu mahdollisimman vähän ylimääräistä haittaa. Samoin huoltotyössä tarvittavat resurssit ja varaosat voidaan hankkia hyvissä ajoin. [7, 11.]

Kunnonvalvontamittauksiin kuuluu läheisesti myös erilaisten pyöriä koneikoiden tasapainotus. Tasapainotus on tärkeä ehkäistäessä pyöriä koneiden ennen aikaista rikkoutumista. Epätasapainossa oleva kone aiheuttaa ympäristöönsä ylimääräistä melua ja värähtelyä. Lisäksi epätasapaino rasittaa koneen laakereita huomattavasti. Epätasapaino voi myös rikkoa laitteen liitettyjä putkilinjoja. Äärimmäisessä tapauksessa voi laitteen epätasapaino aiheuttaa vaurioita myös muille läheisyydessä oleville laitteille. Tasapainotusta varten eri valmistajilla on

olemassa omia tasapainotusohjelmia ja laitteistoja, joita käyttäen tasapainotus tapahtuu vaittomasti. [7, 11.]

Haluttaessa tietoa koneen kunnosta on nykyään käytössä monia erilaisia keinoja. Eri laisia mittaussuureita on kehitetty, jotta saataisiin luotettavaa ja käyttökelpoista informaatiota tutkittavan koneen laakereiden ja muiden liikkuvien koneenosien kunnosta. Myös materiaalien tarkastukseen on nykyään käytössä erilaisia materiaalia rikkomattomia tutkimusmenetelmiä. Näillä menetelmillä voidaan löytää esimerkiksi materiaalin väsymisestä johtuvia alkavia vikoja ennen kuin ne kehittyvät liian pitkälle.

Lisäksi kunnonvalvontaan voidaan käyttää erilaisia prosessista saatavia mittaussuureita. Esimerkiksi virtaus, paine, lämpötila, käyttönopeus ja muut suureet voivat kertoa kokeneelle kunnonvalvojalle tutkittavan kohteen kunnosta. [7, 11.]

4.4 Kuuntelu

Ehkä vanhin kunnonvalvontamenetelmä on kuuntelu. Se perustuu rikkoutuneen koneenosan lähettämään tavanomaisesta poikkeavaan ääneen. Kuuntelu suoritetaan aistinvaraisesti, joskin nykyään myös kuunteluun on olemassa erilaisia kuuntelua helpottavia laitteita. Näillä laitteilla saadaan varsin tarkka kuva pyörivän koneen kunnosta. Entisaikaan kuuntelun apuvälineenä saattoi toimia ruuvitaltta tai muu keppi, jota pitkin äänisignaali saatiin tuotua koneelta kuuntelijan korvan läheisyyteen.

4.5 Iskusysäys

Iskusysäysmittaus, shock pulse method eli SPM, perustuu vikakohteen aikaansaaman korkeataajuisen iskumaisen pulssin mittaukseen. Mittauksessa käytetään erikoisanturia, joka on viritetty 32 kHz:n taajuudelle. Menetelmä on kehitetty käytettäväksi pääasiassa laakereiden kunnon valvontaan. Laakerin vaurioituminen aiheuttaa iskusysäyksen, joka herättää anturin resonanssin. Resonanssin voimakkuus on suoraan verrannollinen iskusysäyksen voimakkuuteen. Iskusysäysantureille on kehitetty myös sovellus, jolla voidaan valvoa voiteluainekerroksen paksuutta laakerissa sekä voitelun toimimista. [7.]

4.6 Akustinen emissio

Akustinen emissio perustuu vikaantuneen koneenosan lähettämään äänitaajuuteen, josta voidaan päätellä laitteen vikaantumista. Akustisen emission mittaukset suoritetaan huomattavasti ympäristön aiheuttamia häiriötaajuuksia ylemmillä kaistoilla. Normaali mittaustaajuus on 100–200 kHz. Joissakin sovelluksissa ylin mittaustaajuus on peräti 1000 kHz. Mitattaessa korkealla taajuudella voidaan mittauksista sulkea pois mitattavasta kohteesta tulevat matalataajuiset häiriöt. Akustisella emissiolla voidaan havaita laakerivauriot, särön kasvu erilaisissa rakenteissa, venttiilien vuodot sekä esimerkiksi sähköpurkaukset muuntajissa. Akustinen emissio perustuu mitattavassa materiaalissa tapahtuvaan materiaalin nopeaan jännityksen vapautumiseen, joka etenee metallirakenteessa nopeasti. Akustinen emissio ei etene ilmassa, joten anturin sijoitus on tehtävä huolellisesti akustisen emission mittauksissa. Kaikki materiaalin epäjatkuvuuskohdat heikentävät signaalin kuulumista. Nykyisin markkinoilla olevat akustisen emission anturit perustuvat pietsosähköiseen kiteeseen. Näin ollen anturi muistuttaa kiihtyvyyssanturia, mutta anturista puuttuu värähtelevän kiteen päältä erillinen paino. Yleensä laakereiden tai rakenteiden vikaantumiset havaitaan akustisen emission antureilla huomattavasti aikaisemmin kuin käytettäessä muita mittausten menetelmiä.

Akustisen emission signaalia voidaan tulkita aika- ja taajuustasossa, aivan kuten normaalia värähtelysignaaliakin. Samalla signaalista voidaan havaita samat vikaantumisen tunnusluvut kuin värähtelysignaalistakin. Joissakin tapauksissa voidaan akustisen emission signaalille tehdä myös verhokäyräanalyysi. [7, 11, 12, 13.]

4.7 Värähtely

Värähtelymittauksia käytetään monissa erilaisissa kunnonvalvontasovelluksissa. Värähtelymittauksia voidaan mitata sekä kannettavilla mittalaitteilla että kiinteästi asennetuilla mittaustajärjestelmillä. Värähtelymittauksia suoritetaan yleensä pyöriville koneenosille. Värähtelymittaukset perustuvat vikaantuneen kohteen aiheuttamaan värähtelyyn, jota voidaan mitata tarkoitukseen soveltuvalla anturilla. Erilaiset vikaantumiset aiheuttavat eritaajuisia värähtelyä. Tarkastelemalla laitteesta mitattua värähtelysignaalia voidaan laitteesta tehdä erilaisia vika-analyysijä, joiden perusteella voidaan ajoittaa huolto- ja kunnossapitotoimia. Standardin PSK 5707 mukaan värähtelymittauksista voidaan havaita seuraavia asioita mitattavasta kohteesta:

- Staattinen ja dynaaminen epätasapaino
- Taipunut akseli
- Resonanssi
- Linjausvirheet
- Mekaaninen väljyys
- Koneen virheellinen kiinnitys
- Vierintälaakeriviat
- Liukulaakerin viat, esim. öljykalvon pyörteily
- Roottorin hankaus
- Hydrauliset ja aerodynaamiset häiriöt
- Hammasvälitysten viat
- Hihnakäyttöjen viat
- Tietyt sähkökoneiden viat

Värähtelyanturin sijoittamisessa on oltava tarkkana, koska kaikki materiaalin epäjatkuvuuskohdat heikentävät värähtelysignaalia. Jotta värähtelysignaalista voidaan löytää vikaantumista kertovia värähtelyarvoja, täytyy koneen pyörimisnopeus tietää tarkoin. Värähtelyanturin paras sijoituspaikka on laakerin kuormituskohdalla, jolloin mahdolliset vikaantumiset havaitaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Puutteellisen voitelun aiheuttama metallikosketus havaitaan yleensä korkeataajuisen värähtelyn kasvuna. Näitä värähtelyarvoja kannattaa tarkastella aikatasosignaalista tai taajuustasosignaalista. [7, 11.]

4.8 Lämpötila

Lämpötilan mittausta voidaan käyttää arvioitaessa laitteen kuntoa. Yleensä laitteen vikaantumisessa myös laitteen lämpötila pyrkii nousemaan. Esimerkiksi laakerivaurioissa voidaan havaita laakeripesän lämpötilan nousu. Lämpötilan mittaukseen voidaan käyttää esimerkiksi lämpökameraa, jolla saadaan esille erilaiset lämpötilaerot tutkittavassa kohteessa. Lämpötilaa voidaan mitata joko erillisillä lämpötila-antureilla taikka lämpökameralla. Olemassa on myös yh-

distettyjä värähtely-lämpötila-antureita, joista saadaan sekä värähtelysignaali että myös lämpötila-arvo. Tämä toimintatapa on hyväksi havaittu joissakin kunnonvalvontasovelluksissa. Ennen lämpötilan mittausta suoritettiin aistinvaraisesti kokeilemalla tutkittavaa pintaa kädellä. Usein jo tällainen tutkimusmenetelmä kertoo laitteen alkavasta vikaantumisesta ja tarpeesta suorittaa tarkempia tutkimuksia. [7.]

4.9 Voiteluöljyjen analysointi

Pyörivien koneiden voitelu on yksi tärkeimmistä valvottavista kohteista. Toimimaton voitelu voi rikkoa muuten kunnossa olevan laitteen hyvin nopeasti. Voitelu perustuu kahden pinnan välillä olevaan ohueen voitelukalvoon, joka vähentää kitkaa pintojen välillä. Voiteluaineen virtaus myös poistaa kohteesta lämpöenergiaa. Tämä vähentää kohteen vikaantumisriskiä. Yksi voiteluöljyn tehtävistä on myös estää likapartikkeleiden pääsy voideltavaan kohteeseen ja toisaalta kuljettaa likaa pois voideltavasta kohteesta.

Voiteluöljystä tehdään myös öljyanalyysejä, joista selviää muun muassa öljyn vaihtotarve. Öljyanalyysistä voidaan myös havaita öljyyn liukenevat pienhiukkaspitkät sekä öljyyn sitoutunut kosteus. Öljyyn liuennut vesi voi aiheuttaa korroosiota voideltavassa kohteessa. Öljyssä olevat pienhiukkaset aiheuttavat voideltavassa kohteessa kulumista. Lisäksi ne voivat kertoa laitteen osien syöpmisestä, jolloin laitteesta on irronnut partikkeleita voiteluöljyyn.

Voiteluöljyn valvontaan on olemassa myös automaattiantureita, joilla voidaan mitata öljyn viskositeettia, dielektrisyysarvoa, vesipitoisuutta, öljyssä olevia likapartikkeleita sekä öljyn lämpötilaa. [14.]

4.10 Sähkömoottorit

Sähkömoottoreiden kunnonvalvonnassa voidaan käyttää moottorin ottaman sähkövirran analysointia. Virtamittauksesta voidaan päätellä roottorin ja staattorin kuntoa. Mittauksina käytetään staattorin virtaspektrin mittausta, josta voidaan arvioida roottorin kuntoa, roottorin epäkeskisyyttä sekä linjausvirheitä. Moottorin sähkönsyötön kuntoa voidaan arvioida virran ja jännitteen epäsymmetriamittauksesta. [15.]

4.11 Kunnonvalvonnassa käytettävät anturit

Kunnonvalvontamittauksissa käytetään yleisesti värähtelyantureita. Yleisin käytössä oleva tyyppi on pietsosähköisellä kiteellä toimiva anturi. Siinä anturin värähtelyliike muutetaan pietsosähköisen kiteen avulla sähköiseksi signaaliksi. Yleisesti antureiden käyttöjännite on 24 VDC. Anturin värähtelysignaali palaa anturista takaisin mittauselektroniiikkaan käyttäen noin 7–12 VDC tasajännitekomponenttia, jota kutsutaan bias-jännitteeksi. Värähtelysignaali, joka on vaihtosähköinen signaali, ”ratsastaa” bias-jännitteen päällä, josta se voidaan erottaa mittaushetkellä bias-jännitteestä.

Tunnetuimpia värähtelyantureiden valmistajia ovat muun muassa Wilcoxon, IMI, PCB sekä Monitran. Yleisesti antureiden herkkyys värähtelymittauksessa on 100 mV/g. Joihinkin erikoiskohteisiin on saatavilla useilta anturivalmistajilta myös joko herkempiä tai epäherkempiä antureita. Valitsemalla oikean herkkyksinen anturi voidaan mitata hyvinkin erilaisia kohteita ja saada luotettavia mittaustuloksia. [7.]

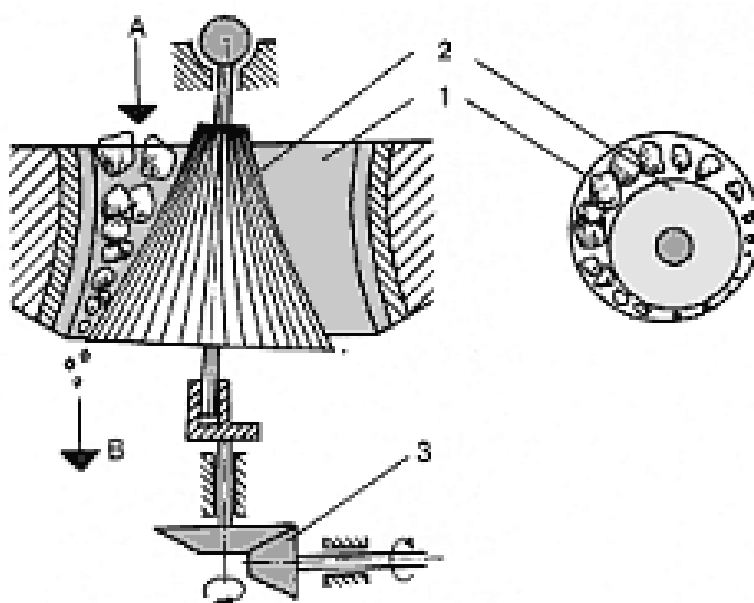
5 KARKEAMURSKAAMON ESITTELY

Tässä osiossa on esitelty tässä työssä käsiteltyjä mittauskohteita. Eli työn alussa rajattiin kiinteän kunnonvalvonnan hankinta vain karkeamurskaamolle sekä murskaan liittyvien apulaitteiden mittaamiseen. Esitellyt kohteet sijaitsevat samassa rakennuksessa, ja ne on helppo kaapeloida anturikaapeleilla samaan tiedonkeruuyksikköön.

5.1 Karkeamurskain

Talvivaaran karkeamurskain on Gyrotory-tyyppinen kara-murskain. Murskaimen on valmistanut FLSmidth Minerals USA Inc. Murskaimen tyyppi on Traylor NT karamurskain. Sen syöttöaukon koko on 1525 mm ja manttelin maksimihalkaisija 2260 mm. Murskaimen kapasiteetti on 4000 tonnia tunnissa. Murskaimen pääosat on esitetty kuvassa 1. Murskain on 8897 mm korkea ja murskaimen kokonaishalkaisija on 5890 mm. Murskain on sijoitettu kaattuun rakennukseen, joten se on suojassa sateen vaikutukselta. Koko murskaimen paino on noin 326 000 kg. Työvalmiudessa ollessaan murskaimen vaipoissa on noin 75 tonnia malmikiveä, joka suojaa vaippoja liialliselta kulumiselta. [16.]

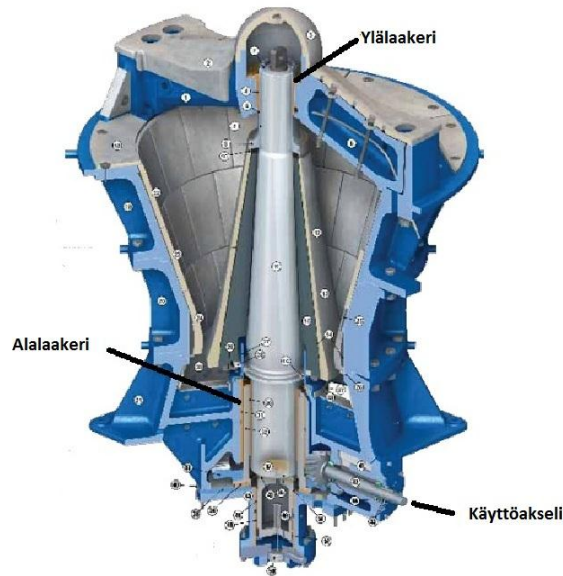
Murskaustapahtuma perustuu murskaimen karan epäkeskoliikkeeseen. Murskettava kiviaines syötetään murskaimeen yläpäästä ja se valuu murskaimen reunoja pitkin painovoimaisesti alaspäin pienentyen murskaimen karan epäkeskoliikkeiden vaikutuksesta. Murskainta voidaan syöttää murskaimen molemmilta sivuilta. Syöttöä ohjataan valvomosta käytettävillä liikennevaloilla, jotka ohjaavat kiviautojen kuljettajia oikealle syöttöpaikalle. Murskainta syötetään molemmilta sivuilta, jotta murskaimen kuormitusta voidaan jakaa tasaisemmin. Kuvassa 3 on esitetty kartiomurskaimen toimintaperiaate.



Kuva 3. Kartiomurskaimen toimintaperiaate, murskaustila (1), pyörivä ja kieppuva murskauskartio (2), hammaspyörävälitys (3), syöttöaukko (A) ja lähtöaukko (B) [17, s. 98.]

Murskaimen läpi kulkee kaikki Talvivaarassa käsiteltävä malmi. Murskaimelle ei ole olemassa tällä hetkellä varalaitetta. Näin ollen murskainta voidaan pitää kriittisenä osana tuotannolle. Tästä syystä murskain on valittu ensimmäiseksi kiinteän kunnonvalvonnan piiriin tulevaksi laitekokonaisuudeksi Talvivaaran kaivoksella.

Murskaimen vikaantuessa voitaisiin malmia periaatteessa murskata myös urakoitsijoiden siirrettävillä murskilla, mutta tämä toiminta on kallista ja tehotonta eikä sitä ole käytetty Talvivaarassa. Tämä johtuu murskattavan materiaalin suuresta määrästä, eli riittävän suuria liikuttavia murskia ei ole saatavissa. [4.]



Kuva 4. Murskaimen rakenne [16.]

Karamurskaimen toimintaperiaate on murskata murskattavaa materiaalia iskun ja puristuksen avulla. Karamurskassa murskan sisällä oleva kara on laakeroitu yläpäästään kiinni ja karan alapää tekee kiertoliikettä epäkeskon käyttölaiteiston avulla. Malmi kulkeutuu murskaimen vaipan ja karan välitse alaspäin hienontuen murskaimen liikkeiden avulla. Hienonnettu kiviaines poistuu murskaimesta alapäästä siiloon, josta malmi valuu asianmukaiselle purkulaitteelle, joka syöttää sen kuljettimelle ja edelleen välivarastoon kuljettavaksi.

Yläpään laakeriholkki on lyijypitoista pronssia. Tämä holkki toimii liukulaakerina. Kuvassa 3 tämä laakeri on nimetty ylälaakeriksi. Alapäässä ovat epäkeskolaitteiston holkit. Ne ovat myös lyijypitoista pronssia. Ne löytyvät kuvasta 4 nimellä alalaakeri

Murskain koostuu käyttömoottorista, käyttövaihteesta ja varsinaisesta murskaimesta. Käyttövoima siirretään pinionakselilla murskaimen hammaskehälle, joka pyörittää varsinaista murskaimen epäkeskokäyttöä. Pinionakselissa on momenttikytkin, jonka tarkoituksena on suojata voimansiirtoa ja moottoria murskaimen mahdollisen ylikuormitustilanteen varalta. Momenttikytkin perustuu hydraulioiljyn avulla luotuun paineeseen. Kuormituksen kasvettua vaarallisen suureksi, lähtee kytkin luistamaan jottei murskain tai käyttölaitteet vaurioituisi. Käyttöak-

selin paikkaa havainnollistaa kuva 4. Karkeamurskain on suunniteltu avoimeksi murskauspööriksi, joten sen jälkeen ei ole seulaa eikä takaisinsyöttöä. Murskaimen alla on silo, johon murskattu kiviaines putoaa. Silosta murskattu malmi siirtyy kahden tärysytin kautta poikittaiskuljettimelle, joka syöttää malmin edelleen välivarastoon johtavalle kuljettimelle. Tätä pitkää kuljetinta kutsutaan Kuusilammen kuljettimeksi. Tärysytinten yhteydessä on pölynpoistolaitteisto, joka estää kiviä levähtämisen ympäristöön. [4.]

Murskaimen manttelia voidaan liikutella hydraulisesti pystysuunnassa, jolloin voidaan säätää murskaimen asetusarvoa. Asetusarvo määrää murskaimesta ulostulevan kiviaineksen koon. Siirrettäessä manttelia ylöspäin pienenee manttelin ja murskaimen kaarilevyjen välinen välimatka ja samalla murskaimen asetusarvo pienenee. Manttelin korkeussuuntaa valvotaan säätösylinterissä olevan anturin avulla. Tällä hetkellä murskaimesta tulee maksimissaan noin 200 mm suuruista kiviainesta. Häiriötilanteessa murskaimen manttelin korkeutta voidaan laskea, jolloin esimerkiksi murskaimeen juuttunut kiviaines valahtaa pois murskasta. Hydraulikkayksikköön kuuluu hydraulikkajäähdytysjärjestelmä sekä hydraulikkajäähdytysjärjestelmä.

Murskaimen karan ja seinämän pienintä etäisyyttä kutsutaan suljetun puolen asetuksiksi ja suurinta etäisyyttä työraon asetuksiksi. Suurimmat murskaimesta poistuvat malmilohkareet ovat noin työraon suuruisia. Malmi murskautuu suljetulla puolella murskainta ja poistuu murskasta työraon puolella. Karan kieppuminen murskaimessa vaihtaa työraon ja suljetun raon paikkaa jatkuvasti.

Murskattava kiviaines on pääsääntöisesti alle 800:n millimetrin kokoista kiviainesta. Murskaimessa on iskuvasara, jolla rikotaan louhokselta louheen mukana mahdollisesti tulevat ylisuurat kivet. Ylisuuria kiviä kutsutaan komuiksi. Murskaimen valvomosta voidaan ohjata iskuvasaran toimintaa. Normaalisti tarkoituksena on, ettei kiviä tarvitse pienentää murskaimella iskuvasaraa käyttäen vaan louhokselta tuleva kiviaines sopisi sellaisenaan murskaimen kintaan. [4.]

Murskattavan louheen mukana tulee ajoittain kaivinkoneen kynsiä, katkenneita porakankia ja muita malmiin kuulumattomia esineitä. Ensimmäisessä murskauksessa niistä ei ole juurikaan haittaa, mutta ensimmäisen murskauksen jälkeen on metalliesineiden havaitsemislaitteisto sekä poistolaitteisto, jotka estävät metallikappaleiden pääsyn pidemmälle prosessissa. [4, 16.]

Murskainta pyörittää sähkömoottori, jonka teho on rajoitettu 725 kW:n arvoon. Moottori on ABB:n valmistama. Joissakin tapauksissa moottori ottaa tehoa jopa 1000 kW, jolloin DNA-

ohjausjärjestelmä hälyttää ja käyttöhenkilökunta tarkastaa hälytyksen aiheuttajan. Moottori on suojattu ylivirtakytkimellä, joten moottori ei voi vaurioitua ylikuormitustilanteessa.

Murskaimen käyttömoottorissa on käämien lämpötilamittaukset, joista voidaan päätellä moottorin kuntoa ja moottorin kuormitusta. Myös murskaimessa on laakereiden lämpötilamittauksia, jotka on liitetty myös DNA-järjestelmään. Näistä mittauksista voidaan arvioida murskaimen laakereiden kuormitusta ja kuntoa.

5.1.1 Murskaimen huolto

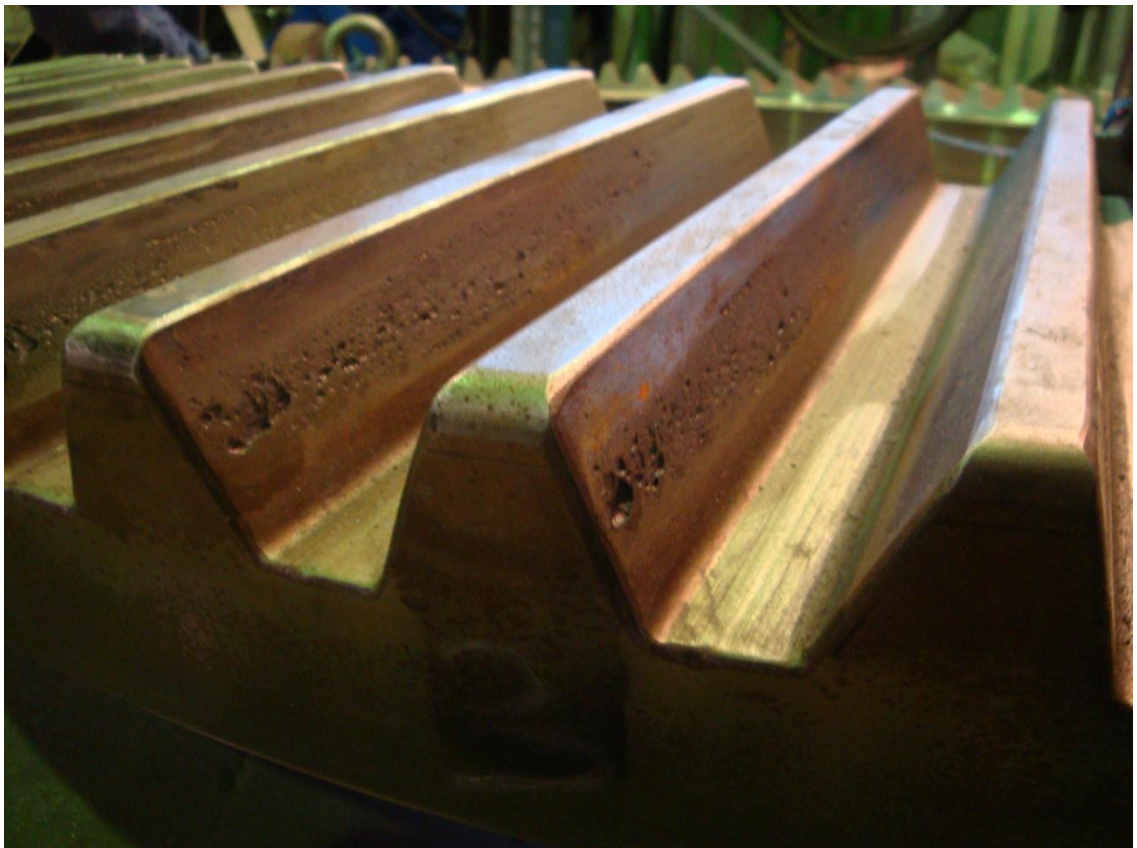
Murskaimen sisämanttelit vaihdetaan huolto-ohjelman mukaisesti kerran vuodessa. Normaalina käyttöaikana murskaimen öljystä tehdään öljyanalysit 640 tunnin välein. Analyysissä tutkitaan öljyn hiukkaspitoisuus sekä öljyn vesipitoisuus. Murskaimen valmistaja on antanut eri likapartikkeleille suurimmat sallitut arvot, joita seurataan. Kaikki murskaimen öljyt vaihdetaan vuosihuollossa. Tällöin myös kaikki suodattimet vaihdetaan sekä öljytankit puhdistetaan sinne mahdollisesti kertyneestä liasta ja vedestä. Vuosihuoltoon kuuluu myös moottorin kunnan tarkastus erilaisilla valmistajan määrittämällä mittauksilla. Käyttöhenkilökunta tekee päivittäin tarkastuskierroksen, jossa tarkastetaan silmämääräisesti muun muassa pulttien kireys sekä mahdolliset voiteluaineiden vuodot. Samalla kierroksella käyttöhenkilökunta kuuntelee mahdollisia epätavallisia ääniä, jotka voivat kertoa murskaimen vikaantumisen. Tällä kierroksella katsotaan myös hydraulikkaöljyn ja voiteluöljyn järjestelmän toimivuus silmämääräisesti. [16.]

5.1.2 Vikaantuminen

Yleensä tässä työssä käsitellyn murskaimen tyyppisissä murskaimissa vikaantuu yläpään liukulaakeri kulumisen seurauksena. Laakeri on yleisesti pronssista tai vastaavasta seosmetallista valmistettu liukulaakeri. Tällainen vikaantuminen oirehtii selvänä kulumisen aiheuttamana lonksumisena, jonka voi kuulla. Tässä tapauksessa karan teräspinta kuluttaa heikompaan messinkiholkkiä, joka aiheuttaa holkin kulumista. Kulumisen voi havaita myös voiteluöljysidissä olevasta messinkijauheesta. Toinen vikaantumismuoto on epäkeskoolkin kuluminen. Sen voi havaita voiteluöljystä sihtiin jäävän ”kalansuomutyypin” metallilastun avulla. Käyttö-

pyörästön vioittumisesta aiheutuu voiteluöljyyn neulamaista metallihippua. Monessa tapauksessa murskaimien kuntoa seurataan käyttäen lämpökameraa. Holkkien kuluminen aiheuttaa lämpötilan nousua, joka näkyy tarkassa lämpökameran kuvassa. Jalkalaakerin kuluminen aiheuttaa usein öljyurien madaltumista. Jalkalaakerin kuluminen aiheuttaa myös murskaimen väljyyden mittaukseen muutoksia. Eli murskaimen kara liukuu alemmas laakerin kulumisesta johtuen. Joissakin tapauksissa holkit voivat ylikuumeta puutteellisen voitelun takia. Tämän takia murskaimet on yleensä varustettu voiteluhälytyksellä, jotta puutteellisen voitelun aiheuttamat viat voidaan välttää. [18.]

Murskain on osoittautunut varsin varmatoimiseksi. Murskaimessa on ollut hammaskehän kulumisesta johtuvia ongelmia. Tässä tapauksessa hammaskehälle on tullut hammasvaurio, jossa kehän hampaisto on kulunut liian suuresta välyksestä johtuen. Hammaskehän kautta siirretään kaikki murskaimen käyttövoima. Jos pyörä vikaantuu, seurauksena on murskaimen pysäyttäminen ja tuotantokatko malmintuotannossa. Näin ollen murskaimen vikaantuminen on yksi kaivoksen toiminnan kriittisimmistä vaiheista. Kuvassa 5 on esitetty hammaskehän kulumisvaurio.



Kuva 5.

Käyttöakselin tukilaakerit ovat rikkoutuneet joitakin kertoja. Näihin rikkoutumisiin syynä on ollut normaali laakerin kulumisesta aiheutunut laakerivaurio. Suurin osan murskaimen vikaantumista on aiheutunut akselilla olevan suojakytkimen vikaantumista. Kytkin suojaa moottoria ja murskainta vikaantumiselta ylikuormitustapauksissa. Kytkin perustuu öljynpaineeseen. Murskaimen käyttöakselin tukikartio on rikkoutunut kolme kertaa. Lisäksi murskaimen karan yläpäähän liukulaakeri on vikaantunut kerran. [4, 10.]

Karkeamurskaimen varaosia on varastossa varsin kattavasti käsittäen kaikki murskaimen tärkeimmät osat. Aiemmin Sandvik hallinnoi karkeamurskaimen varaosahuoltoa, mutta tämä toiminta on siirretty nyttemmin Talvivaaran oman henkilöstön hoidettavaksi. [9.]

5.2 Murskaamon apulaitteet

Murskaimessa on erillinen voiteluöljytankki. Voiteluöljytankissa on kaksi pumppua, joista toinen on varapumppuna toisen hoitaessa murskaimen voiteluöljyn kierrätystä. Pumppu syöttää voiteluöljyä murskaimen voideltaviin kohteisiin. Murskaimessa on myös rasvavoideltuja kohteita, joille on erillinen voiteluyksikkö, joka syöttää murskaimelle voiteluun tarvittavaa vaseliinia. Murskaimen voitelun virtausarvot on liitetty murskainta ohjaavaan Metso DNA-järjestelmään. Voiteluarvoissa on hälytysrajat, joten voitelun puutteellisuus ei aiheuta murskaimen vikaantumista, vaan murska voidaan tarvittaessa pysäyttää. Lisäksi voitelusta on otettu DNA:han öljyjen painemittausarvoja sekä lämpötilamittauksia. Näitä arvoja voidaan käyttää arvioitaessa murskaimen kuntoa ja kuormitusta.

Voiteluöljyn kiertoa käytetään murskaimessa myös voideltavien kohteiden jäähdytykseen. Voiteluöljyä menee käyttöpyörästölle ja epäkeskohlkkeihin. Murskaimessa on erilliset virtauskanavat voiteluöljyn kiertoa varten.

Hydrauliikkaöljyä varten on myös oma yksikkönsä. Siinä on öljytankki, jonka yhteyteen on sijoitettu hydrauliikkapumppu. Tällä yksiköllä tuotetaan murskaimen vaipan pystysuuntaiseen liikutteluun tarvittava käyttövoima. Vaipan liikuttamisella säädetään murskaimen asetusarvoa eli murskaimesta poistuvan kiviaineksen kokoa.

Murskaimeen kuuluu myös paineilmayksikkö, jonka tuottamaa paineilmaa käytetään murskaimen sisäosien pölytiivistytykseen. Tätä tarvitaan, jottei malmista irtoava pöly pääse vahin-

goittamaan murskaimen laakereita tai muita osia. Pöly voi myös jossain tilanteessa päästä voiteluöljyyn ja vahingoittaa voideltavia kohteita sekä voiteluöljypumppua.

Murskaimen siilon alla olevat tärysyöttimet ovat Sandvikin valmistamia syöttimiä. Näitä syöttimiä on kaksi kappaletta. Syöttimiä käytetään sähkömoottoreilla joita on yksi kumpaakin syötintä varten. Syötinten toiminta perustuu sähkömoottorin pyörittämän epäkeskolaitteiston aikaansaamaan värähtelyliikkeeseen, joka siirtää malmia edelleen kuljettimille.

Poikittaiskuljetin kuljettaa tärysyöttimiltä tulevan murskatun malmikiven Kuusilampikuljettimelle. Kuljettimen kapasiteetti on 3750 t/h, ja sen pituus on 19,2 m. Kuljettimen vetopyörän ja taittopyörän halkaisijat ovat 500 mm. Kuljetinta käyttää 75 kW sähkömoottori vaihde-
laatikon kautta. Tämän kuljettimen purkupäässä on raudan erotukseen tarkoitettu magneettihihna. Kuljettimen on valmistanut Sandvik Oy.

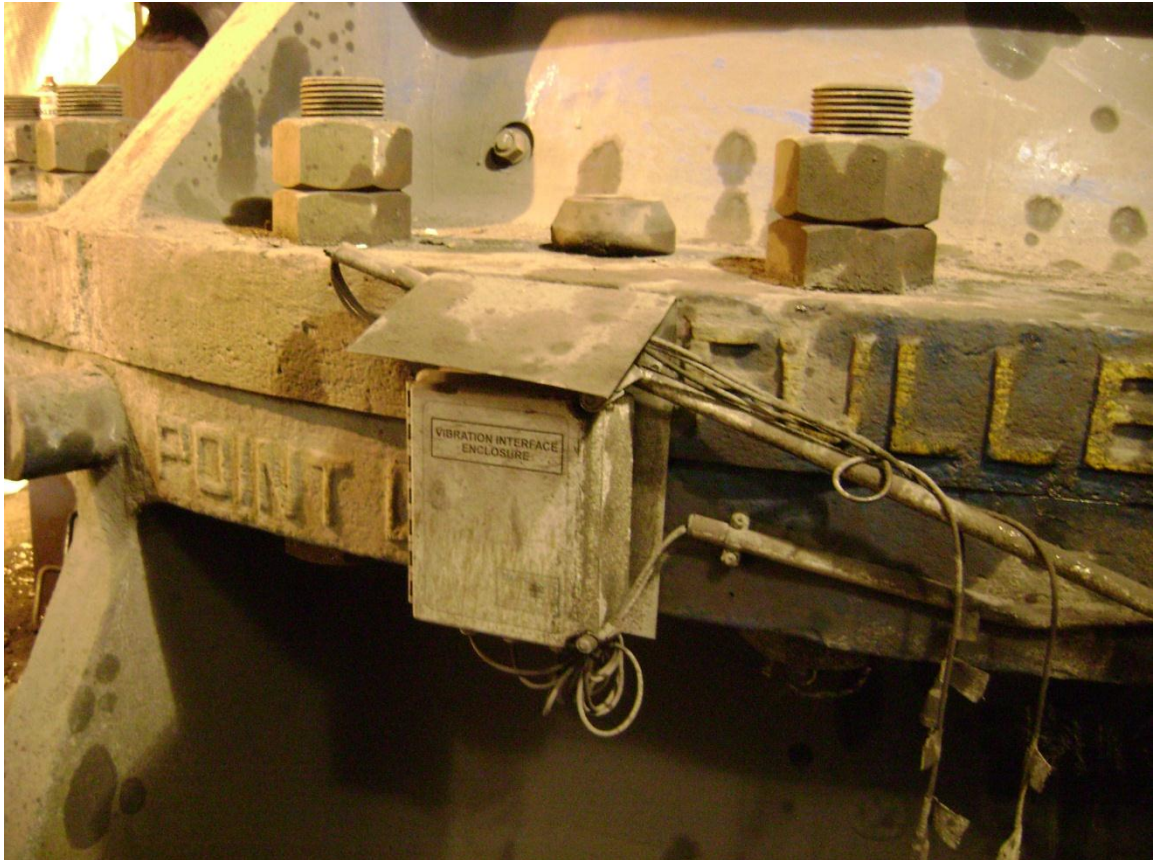
Kuusilampikuljetin on pitkä, yli kaksi kilometriä pituudeltaan. Sen nostokorkeus on noin 56 metriä. Kuljetinta käytetään erilliseltä vetoasemalta, johon kuljettimen käyttömoottorit ja vaihteet on sijoitettu. Kuljettimella on käyttöjä kolme kappaletta, ja ne pyörittävät kuljettimen vetorumpuja. Tämä kuljetin kuljettaa kaiken karkeamurskaimelta tulevan kiviaineksen välivarastoon. [4, 19.]

6 MITTAPISTEIDEN VALINTA

Karkeamurskaimelle valittiin mitattavat mittapisteeet yhdessä mittaavan kunnossapidon työntekijöiden ja malminkäsittelyn käyttöhenkilökunnan kanssa. Mittapisteiden valinnassa huomioitiin murskaimen sekä apulaitteiden mahdollisimman kattava mittaaminen. Eli mukaan otettiin kaikki mahdollisesti ongelmia aiheuttavat ja sen takia mittaavaan kunnossapitoon tarvittavat pisteet. Valinnassa huomioitiin myös murskaamon apulaitteiden tärkeys tuotannon jatkumiselle. Tässä yhteydessä päätettiin, että esimerkiksi rikotusvasara ei ole sellainen tuotannon kannalta kriittinen tekijä, joka tarvitsisi kiinteää kunnonvalvonnan mittausta.

Työssä ei myöskään ole huomioitu karkeamurskaamon ulkopuolella olevia mittausta vaativia kohteita. Niiden mittaaminen kiinteää kunnonvalvontaa käyttäen jätettiin hoidettavaksi tulevaisuudessa.

Murskaimelle on asennettu kolme värähtelyanturia, joiden tuottamaa mittausdataa käydään mittaamassa kannettavan mittalaitteen avulla. Anturit on asennettu käyttöakselin sisäänmenon yhteyteen mittaamaan kolmeen suuntaan, eli anturit ovat pysty-, vaaka- ja aksiaalisuunnissa käyttöakseliin nähden. Anturit mittaavat käyttöpyörästä värähtelyä. Mitatut värähtelyarvot analysoidaan jälkikäteen SKF:n analysointiohjelman avulla. Olemassa olevia antureita on tarkoitus käyttää osana kiinteää kunnonvalvontaa, eli ne kaapeloidaan uudelleen osaksi kiinteää järjestelmää. Kuvassa 6 on esitetty olemassa olevien antureiden kytkentäkotelo.



Kuva 6.

Tässä yhteydessä päätettiin käyttää ensisijaisesti värähtelymittauksia kunnonvalvonnan suorittamiseen. Värähtelymittauksiin päädyttiin sen yleisyyden sekä mittaustulosten helpon tulkitavuuden takia. Värähtelymittausten käyttöä puolsi myös se, että Talvivaarassa käytetään jo värähtelymittauksia kunnonvalvonnassa. Näin uuden mittaustavan opettelua ei tarvita, vaan samat menetit toimivat myös uusissa mittauksissa. Muita mittausten menetelmiä, esimerkiksi akustista emissiota, voidaan tutkia tulevaisuudessa esimerkiksi uusien opinnäytetöiden yhteydessä

Murskaimen käyttömootorille asennetaan kaksi värähtelyanturia, yksi käyttöpäähän ja toinen vapaaseen päähän. Näihin anturipaikkoihin päädyttiin, koska murskaimen käyttömootori on tärkeä osakokonaisuus murskaimen toiminnassa ja moottorin rikkoutuminen pysäyttää koko laitoksen toiminnan. Murskaimen käyttöakselille tulee asentaa nopeusanturi, jotta käyttöväivähteen analysointi helpottuisi ja murskaimen todellinen nopeus saadaan luotettavasti mitattua.



Kuva 7. Murskaimen käyttömoottori

Kuusilammen malmikuljettimen taittorummulle asennetaan kaksi anturia. Eli anturit rummun molempiin päihin valvomaan laakerin värähtelytasoja. Tämän kuljettimen kautta kulkee kaikki Talvivaarassa käsiteltävä malmi, joten se on tuotantoa ajatellen kriittinen koneenosa, joka tarvitsee mittaukset. Lisäksi kuljettimet sijaitsevat paikoissa, joita on hankala mitata laitteen ollessa tuotantokäytössä.

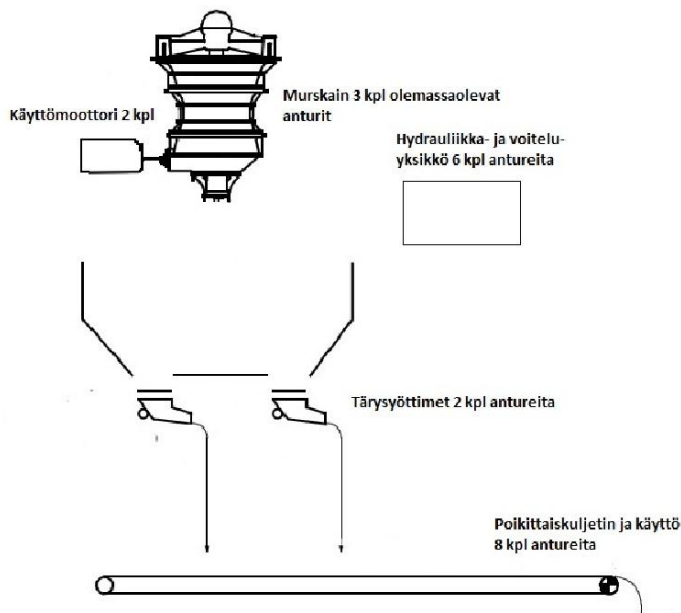
Malmikuljettimen yhteydessä olevalle poikittaiskuljettimelle päätettiin asentaa antureita seuraavasti: kuljettimen vetopyörälle kaksi kappaletta, kuljettimen taittopyörälle kaksi kappaletta, kuljettimen käyttövaihteelle kaksi kappaletta sekä käyttömoottorille kaksi kappaletta. Myös tämä kuljetin on kriittinen tuotannon kannalta. Lisäksi sen sijainti hankaloittaa käsimittalaitteella mittausta.

Murskaimen silon alapuolella olevat kaksi tärysyöttintä ovat haasteellisia mitattavia niiden korkean toimintaperiaatteesta johtuvan värähtelytason takia. Tärysyöttimien toiminta perustuu laitteen epäkeskon tuottamaan värähtelyliikkeeseen, joka on otettava huomioon anturin paikan valinnassa. Niihin päätettiin asentaa yksi anturi kumpaankin syöttimeen. Anturit

asennetaan syöttimen käytölle. Tärysyöttimet ovat tuotannon kannalta tärkeitä, joten niihin sovittiin asetettavan anturointi mittauksia varten.

Murskaimen hydraulikkayksikön moottoriin asennetaan kaksi anturia. Eli anturit sijoitetaan moottorin käyttöpäähän sekä vapaaseen päähän. Murskaimen voiteluyksikön molempiin moottoreihin asennetaan värähtelyanturit. Eli anturit tulevat moottoreiden käyttöpäihin ja vapaisiin päihin. Voiteluyksikön toinen moottori toimii varalaitteena, mutta senkin toiminta katsottiin tärkeäksi, joten se vaatii anturoinnin.

Kaikki tässä työssä mainitut mittapisteeet sijoittuvat samaan murskaamon rakennukseen. Tärysyöttimet ja kuljettimet ovat murskaimen alapuolella. Kuusilampikuljettimen taittopyörä sijaitsee 32 metriä alempana kuin murskaimen yläosa. Eli kaikki mittapisteeet voidaan kaapeloida samaan mittausyksikköön. Voiteluyksikkö sekä hydraulikkayksikkö ovat yhtä tasoa alempana kuin murskaimen käyttömoottori. Työssä valittujen mittapisteeiden sijainti selviää kuvasta 8.



Kuva 8. Valitut mittapisteeet

Murskaimen yläpään sekä alapään epäkeskolaitteiston liukulaakereiden mittaaminen todettiin haastavaksi. Niitä voisi mitata esimerkiksi akustisen emission anturilla. Toinen mahdollisuus olisi mitata yläpään akselin siirtymää joko siirtymäanturilla tai pyörrevirta-anturilla. Antureiden asennus todettiin haastavaksi. Asennus vaatii koko murskaimen yläpään purkamisen ja

anturipaikkojen poraamisen murskaimen runkoon. Liukulaakerissa oleva rasvavoitelu voi heikentää mittaustulosten saatavuutta merkittävästi. Lisäksi esimerkiksi akustisen emission mittauksista murskaimille ei ole helposti löydettävissä sovelluksia. Nämä mittaukset päätettiin jättää harkittavaksi uudelleen tulevaisuudessa.

Yksi mahdollisuus mitata liukulaakereita olisi analysoida liukulaakereilta tulevaa öljyä. Öljyn analysointi onnistuisi esimerkiksi paluuöljyputkeen liitettävällä öljyanalysaattorilla. Tällainen analysaattori mittaa öljystä hiukkaspartikkeleita sekä öljyn vesipitoisuutta. Näistä asioista voidaan arvioida laakereiden kuntoa. Tämä seikka päätettiin ottaa puheeksi mahdollisten laitevalmistajien kanssa ja selvittää, voidaanko esimerkiksi öljyn hiukkaslaskimen toiminta liittää kunnonvalvontajärjestelmän mittauksiin ja saada sitä kautta lisätietoa laakereiden kunnosta ja kuluneisuudesta.

7 KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄT

Kiinteän kunnonvalvonnan etuja ovat mittauksen toistettavuus, helppo mittaustrendien kerääminen sekä koneen kunnon helppo seurattavuus. Käytettäessä kiinteää kunnonvalvontajärjestelmää mittaajan ei tarvitse mennä fyysisesti mitattavan kohteen läheisyyteen. Tästä on etua, jos mittauspisteet sijaitsevat vaikeasti luokse päästävissä kohteissa tai mittauspisteet ovat ihmiselle vaarallisissa tiloissa. Vaarallisia tiloja voivat olla esimerkiksi jotkin kemikaalien käsittelyyn tarkoitetut laitetilat tai erittäin meluisat tai kuumat kohteet. Lisäksi kiinteän kunnonvalvonnan mittaustuloksia voidaan seurata etäyhteyden kautta muualtakin kuin mittauskohteen välittömästä läheisyydestä.

Eri kunnonvalvontajärjestelmiä toimittavia yrityksiä on maailmassa useita kymmeniä. Useat laite-toimittajat ovat erikoistuneet jonkin kapean sektorin laitteiden toimittajaksi. Esimerkiksi öljyteollisuuden laitteita toimittavia yrityksiä löytyy etenkin Yhdysvalloista. Muutamat laite-toimittajat toimittavat kunnonvalvontajärjestelmiä pelkästään voimalaitosten kunnonvalvontaa silmälläpitäen. Esimerkiksi turbiinin suojaukseen liittyviä mittaajajärjestelmän toimittajia löytyy useita ympäri maailman.

Edellisessä osiossa valitut mittapisteet tullaan mittaamaan kiinteässä kunnonvalvontajärjestelmässä. Alla on esitelty muutamia tunnetuimpia kunnonvalvontajärjestelmien toimittajia, jotka toimittavat järjestelmiä laajemmalle käyttöalueelle, esimerkiksi paperi- ja energiateollisuuden tarpeisiin. Nämä toimittajat katsottiin työn alussa sellaisiksi, että ne voivat toimittaa järjestelmiä myös kaivosteollisuuden käyttöön.

SKF

SKF valmistaa kiinteää kunnonvalvontajärjestelmää. Sen tuotenimenä on SKF Multilog. SKF-Multilog tiedonkeruuyksiköt voidaan liittää SKF @ptitude Analyst –analysointitietokantaan, jolloin saadaan kiinteä kunnonvalvontajärjestelmä. SKF-Multilog mittausasemia on tarjolla joko 16- tai 32- kanavaisina riippuen siitä, kuinka suurta valvontakapasiteettia kyseisessä kohteessa tarvitaan. Kanavamäärä kertoo, kuinka monta anturia kyseiselle asemalle voidaan kytkeä.

SKF käyttää mittauksissaan omia antureitaan, joiden herkkyys normaaleissa kunnonvalvontasovelluksissa on 100 mV/g. SKF:ltä löytyy antureita myös erikoisolosuhteisiin, kuten räjähdysvaarallisiin tiloihin tarkoitettuja antureita. SKF tarjoaa myös kaikki anturikaapelit ja liittimet, jotka tarvitaan järjestelmän asennuksessa.

SKF:n kunnonvalvontajärjestelmän etuna voidaan pitää sitä seikkaa, että samaa järjestelmää voidaan käyttää sekä kiinteän kunnonvalvonnan mittaustulosten analysointiin että kannettavalla mittalaitteella keräiltyjen mittaustulosten analysointiin. Niinpä tässä tapauksessa ei tarvita erillisiä mittausjärjestelmiä kiinteää järjestelmää ja kannettavaa mittalaitetta varten.

SKF:n @ptitude -järjestelmään voidaan siirtää tietoja muista järjestelmistä käyttäen erilaisia tiedonsiirtoon soveltuvia ohjelmistoja. Tällaisia siirrettäviä tietoja voivat olla esimerkiksi tuotantotiedot ja voiteluarvot. @ptitude voi myös kerätä pitkäaikaisia trendejä mittaustuloksista, joten historiatiedon seuraaminen on helppoa tällä järjestelmällä.



Kuva 9. SKF:n 32-kanavainen mittausyksikkö

SKF:llä on myös Copperhead -järjestelmä, joka on tarkoitettu kaivoksien liikkuvan kaluston kunnonvalvontaan. Tämä järjestelmä perustuu värähtelyn ja lämpötilan mittaukseen sekä näistä tiedoista tehtävään laitteen kunnan analysointiin. Tämä laitteisto lähettää mittaustietoa langattomasti tiedonkeruuyksikölle, jossa saatua tietoa voidaan analysoida ja koneiden kuntoa valvoa. [20, 21.]

SKF:n järjestelmää markkinoidaan myös Honeywellin tuotteena. Näin ollen tässä työssä ei ole otettu erikseen kantaa Honeywellin kunnonvalvontajärjestelmään.

Metso Automation

Metso Automation tarjoaa kunnonvalvontaa varten Metso DNA Machine Monitoring -järjestelmää. Järjestelmä on integroitu järjestelmätasolla Metso DNA –prosessinohjausjärjestelmään. Eli erillisiä käyttöliittymätietokoneita ei tarvita, vaan näytöt voidaan ottaa mihin tahansa DNA:n näyttöön. Lisäksi DNA:n näyttöjä voidaan avata myös normaaleille toimitustietokoneille. Machine Monitoring käyttää DNA -prosessiasemaa laskentojen suorittamiseen. Järjestelmään kuuluvat erilliset värähtely- ja tahdistussignaalin tulokortit. Molemmat korttityypit ovat 8-kanavaisia, eli niihin voidaan liittää kahdeksan eri signaalia. Mittauskortteja ohjaa erillinen tiedonsiirtomoduuli, jonka kautta hoidetaan myös mittaustiedon siirto mittauskorttien ja muun järjestelmän välillä.

Lisäksi mittausasemaan kuuluvat erilliset tehonsyöttökortit ja ohjaukortit. Mittauselektronikka voidaan sijoittaa joko DNA -kaapin sisälle tai erilliseen kenttäasemaan. Mittausaseman dataväylä sijaitsee taustalevyssä, jonka kautta tulokortit ja muu mittauselektronikka kommunikoi.

Metson värähtelynäyttöihin voidaan ottaa helposti myös koneen prosessin ohjauksessa käytettäviä arvoja. Näin ollen voidaan seurata samalta näytöltä prosessisuureiden vaikutusta värähtelytasoihin ja muihin tutkittaviin arvoihin.

Metso käyttää värähtelysignaalien mittaamiseen samanlaisia värähtelyantureita kuin muutkin järjestelmätoimittajat. Myös Metsolta löytyy myös erikoisolosuhteisiin soveltuvia antureita. Metson tahdistusanturi on Metson omaa tuotantoa, poiketen siten muista kunnonvalvontajärjestelmistä, jotka käyttävät kaupallisia antureita.

Metson käyttöliittymä on visuaalisesti huomattavasti havainnollisempi kuin SKF:n vastaava. Esimerkiksi tuotannon työntekijöiden on helppoa katsoa värähtelyarvoja DNA:sta, kun sen mittaustulokset löytyvät tutusta näytöstä, jolla ohjataan muutenkin tuotantoa. Metson järjestelmää puoltaa myös se, että erilaiset prosessisuureet voidaan ottaa samaan näyttöön värähtelysignaalien kanssa. Tästä on usein etua arvioitaessa tutkittavan koneen kuntoa. [22, 23.]

Nome-kunnonvalvontajärjestelmä

Oulunsalolainen Nome toimittaa kunnonvalvontajärjestelmiä useille eri teollisuuden aloille. Tuotenimi Nome tulee sanoista Nordic Maintenance Engineering. Nomen järjestelmä tunnetaan nimellä NMAS. Nomen kiinteä mittausjärjestelmä koostuu erilaisista antureista sekä 4 - 16 -kanavaisesta mittausmoduulista. Mittausmoduuleiden lukumäärää kasvattamalla voidaan järjestelmään liittää useita satoja eri mittapisteitä. Lisäksi Nomen tuotevalikoimaan kuuluu erilliset värähtelyn kokonaistasoa seuraavat moduulit. Näissä moduuleissa värähtelytaso muunnetaan joko virtaviestiksi tai jänniteviestiksi ja siirretään luettavaksi automaatiojärjestelmään.

Nome käyttää mittauksissaan samojen valmistajien käyttämä antureita kuin muutkin järjestelmätuottajat. Nomen tuotevalikoimaan kuuluvat lisäksi kaikki antureiden asennukseen tarvittavat kaapelit ja liittimet. Nomen tuotevalikoimasta löytyvät normaalien värähtelyantureiden lisäksi akustisen emission anturit, pyörrevirta-anturit sekä nopeuden mittaukseen soveltuvat anturit. Nomena löytyy myös öljyn analysointiin tarvittava anturi, jolla voidaan tehdä esimerkiksi öljyn partikkelipitoisuuden sekä öljyn vesipitoisuuden mittauksia. Nomena löytyvät sovellukset myös venymäliuska-antureiden mittaamiseen sekä paineen ja lämpötilan mittaukseen. Lisäksi Nomen kautta on saatavissa useita FAG:n kunnonvalvontaan liittyviä tuotteita.

Nome tekee mittauksistaan normaalit kunnonvalvonnan analysoinnit, kuten aikatazon mittaukset ja spektrimittaukset. Lisäksi Nome tekee tarvittavat STA-mittaukset. Nomen järjestelmästä on lisäksi otettavissa ulos hälytykset kaikista halutuista tunnusluvuista. Nomen mittausdataa voidaan siirtää myös langattomasti käyttäen radiotaajuista signaalin lähetystapaa. Tässä tapauksessa mittausanturi varustetaan joko akulla anturin jännitesyöttöä varten, tai käytetään erillistä jänniteensyöttökaapelia. [24, 25.]

FAG:n kunnonvalvonta

Laakerivalmistaja FAG tarjoaa kunnonvalvontaan FAG ProCheck -järjestelmää. Järjestelmä on tarkoitettu esimerkiksi puhaltimien, pumppujen, vaihteiden ja muiden pyörivien koneenosien värähtelyn valvontaan. FAG:ltä löytyy myös oma sovellus tuulivoimaloiden kunnonvalvontaan, nimeltään WiPro.

FAG:n järjestelmä perustuu kunnonvalvontamoduuleihin, joihin voi kytkeä maksimissaan kuusitoista analogiasignaalia yhteen moduuliin. Moduulit sijoitetaan valvottavan laitteen läheisyyteen. Moduuleissa on lisäksi digitaalisia ja analogisia lisäkanavia, joiden kautta voidaan lukea erilaisia prosessitietoja. Moduulit on kytketty verkkoyhteyden avulla tietokantaan. Tietokannasta mittausdataa voidaan hakea analysoitavaksi verkkoyhteyttä pitkin. Analysointi tapahtuu erillisessä käyttöliittymässä, joka voidaan asentaa esimerkiksi normaaliin toimistotietokoneeseen. Käyttöliittymästä löytyvät normaalit kunnonvalvonnan työkalut, joilla signaalia voidaan muokata. Käyttöliittymästä löytyvät vesiputouskuvaajat, trendinäyttö, ja sillä voidaan tehdä kaikki normaalit kunnonvalvontaan liittyvät analyysit. Tiedonsiirto muiden järjestelmien kanssa onnistuu esimerkiksi verkkoyhteyden, sarjaliikenteen tai modeemin avulla. [26.]

FAG käyttää vastaavanlaisia värähtelyantureita kunnonvalvontaan kuin muutkin suuret valmistajat. Lisäksi FAG tarjoaa kunnonvalvontamittauksiin kannettavaa Detector-mittalaitetta, joka on toiminnoiltaan vastaava kuin SKF:n Microlog -mittari.

ABB kunnonvalvonta

ABB:n kunnonvalvonta tunnetaan nimellä Machine Condition Monitoring (MCM800). Sillä voidaan analysoida pyöriviä koneenosia ja tehdä analyysit koneen kunnosta. ABB:ltä löytyvät kaikki normaaleissa kunnonvalvonta-analyseissa tarvittavat mittaukset ja analyysit. Kunnonvalvontajärjestelmä koostuu mittausmoduuleista, jotka on sijoitettu kentälle mitattavan laitteen läheisyyteen. Käyttöliittymä on integroitu ABB:n ohjausjärjestelmään. ABB:n kunnonvalvonta on tarkoitettu pääasiassa voimalaitoskäyttöön, mutta sitä voidaan hyödyntää myös muissa pyörivien koneenosien analysoinnissa. ABB käyttää vastaavia antureita mittauksiin kuin muutkin kunnonvalvontajärjestelmien toimittajat.

ABB tarjoaa asiakkailleen myös jatkuvaa analysointipalvelua, joiden tuloksista ABB raportoi asiakkalleen. Raporttien perusteella asiakas voi tehdä päätökset tarvittavista kunnossapitotoimista. [27.]

Brüel& Kjaer

Bryel&Kjaer valmistaa kunnonvalvontajärjestelmiä erityisesti voimalaitosteollisuuden tarpeisiin. Laitteiston nimi on Vibrocontrol 6000. Se koostuu mitattavaan laitteeseen asennettavista antureista sekä 19” laitekaappiin asennettavasta mittauselektronikasta. Laitteen käyttöliittymänä toimii erillinen Compass 6000 -ohjelmisto, jolla mittauksia voidaan analysoida. Oh-

jelmisto voidaan asentaa normaaliin toimistotietokoneeseen. Laittevalmistajan analysointiohjelmisto on hyvin kattava käsittäen hyvin erilaisia analysointitapoja. Bryel&Kjaeriltä löytyy myös laaja valikoima erilaisia antureita kunnonvalvonnan tarpeisiin. Dataa voidaan siirtää Compass-järjestelmän ja muiden järjestelmien välillä käyttäen normaalia tiedonsiirtorajapintaa. Vibrocontrol -järjestelmää edustaa Suomessa Elkome Oy. [28.]

Webrosensor

Savonlinnalainen Webrosensor toimittaa kunnonvalvontajärjestelmiä kaikkeen teollisuuteen, myös kaivosteollisuuden tarpeisiin. Järjestelmään kuuluvat anturit, tarvittavat kaapeloinnit sekä analysointiohjelma. Järjestelmän tiedonsiirto perustuu joko kiinteään Ethernet verkkoon tai langattomaan Wlan- tai 3G -matkapuhelinverkkoon. Anturit on kaapeloitu mittaustietokoneeseen verkkokytkimien kautta. Mittaustietokoneesta mitattu data voidaan siirtää erilliseen toimistotietokoneeseen analysoitavaksi. Käyttöliittymänä toimii normaaliin toimistotietokoneeseen asennettava ohjelmisto. Mittausohjelmistoa ja käyttöliittymää voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan. [29.]

National Instruments

National Instruments toimittaa kunnonvalvontasovelluksia eri teollisuuden aloille. Järjestelmä pohjautuu NI:n CompactRIO -mittauselektroniikkaan ja LabView-ohjelmalla toteutettuun mittausohjelmistoon sekä käyttöliittymään. Käyttöliittymästä löytyvät kaikki kunnonvalvonnassa tarvittavat mittaussuureet. Mittausohjelmisto suorittaa normaalit kunnonvalvonnan analysoinnit, aivan kuten muutkin järjestelmät. Kaivosteollisuudessa National Instrumentsin järjestelmää on käytetty esimerkiksi sähkömekaanisten suurien kaivinkoneiden kunnonvalvonnassa. [30.]

Muita kunnonvalvontajärjestelmiä toimittavia yrityksiä ovat muun muassa Rockwell Automation sekä Bently Nevada. Näitä järjestelmiä ei otettu käsittelyyn insinööriyön tekovaiheessa, koska katsottiin, etteivät nämä pysty tarjoamaan halutunlaista järjestelmää, eikä niiltä löydy läheltä käyttö- ja huoltotukea.

7.1 Järjestelmien arviointi

Mittausjärjestelmät ovat peruskunnonvalvontamittausten osalta toistensa kaltaisia. Näin ollen eri mittausteknisten seikkojen arvostelulla järjestelmätoimittajien asettaminen paremmuusjärjestykseen on hankalaa. Arvioinnissa on keskityttävä muihin seikkoihin. Näin ollen sovittiin kunnonvalvontamittaajien kanssa muutamista seikoista joihin kiinnitetään huomiota järjestelmiä arvioitaessa. Arvosteluperusteiksi valittiin integroitavuus, huoltovarmuus, käyttötuki, asennukset, käyttöliittymän arviointi sekä öljyanalyysin mahdollisuus.

Alle on taulukoitu tietoja eri laitevalmistajista. Taulukon perusteella on tehty valinta laitevalmistajista, joilta lähdetään kyselymään tarkempia tietoja mittausjärjestelmän hankkimiseksi. Eri arvioidut osa-alueet on pisteytetty 0– pistettä.

Taulukko 1.

	Integroitavuus	Huolto- varmuus	Käyttötuki	Asennus	Käyttöliittymä	Öljyanalyysi
ABB		XX	XX	X	X	
Brue&Kjær		X	X	X	X	
FAG		XX	XX	XX	X	XX
Metso	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X
National Instruments		X	X	XX	X	
Nome		XXX	XXX	XX	X	XX
SKF	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX
Webrosensor		XX	X	X	X	

Taulukosta voidaan havaita, että korkeimmat pisteet ovat saaneet Metso, Nome sekä SKF. Useilla toimijoilla huolto- ja käyttötukipalvelut sijaitsevat ulkomailla, joten siitä on tullut huonommin pisteitä kuin lähellä kaivosta sijaitsevasta käyttötuesta. Integroitavuus tarkoittaa jo olemassa olevaan järjestelmään integroitavuutta. Tässä tapauksessa SKF:llä ja Metsolla on Talvivaarassa olemassa olevat mittausjärjestelmät, joihin uusia pürteitä voidaan integroida. Varaosien saatavuutta on arvioitu yrityksen koon mukaan. Pienet eivät voi tarjota valitettavasti niin varmaa varaosien saatavuutta pitkällä tähtäyksellä kuin suuret toimijat. Tämä varaosien saatavuus on yhdistetty taulukossa huoltovarmuuden kanssa. Käyttöliittymäkohdassa on arvioitu järjestelmän käyttöliittymän visuaalisuutta ja havainnollisuutta. Öljyanalyysejä ei valitettavasti löydy ihan kaikilta laitevalmistajilta.

Asennuksia arvioitiin laitevalmistajilta saatujen kuvien ja muiden dokumenttien perusteella. Tässä otettiin huomioon murskaamon ympäristön vaativat olosuhteet. Kaapelointi tulee kohtaamaan kovia rasituksia pölyn sekä kosteuden muodossa. Myös mekaanisilta vaurioilta kaapelit joudutaan suojaamaan. Niinpä sellaiset valmistajat, joiden esitteissä anturikaapelit oli suojattu puutteellisesti, saivat tästä osiosta vähemmän pisteitä. Valitettavasti kaikilta järjestelmätoimittajilta ei saatu kuvia asennuksista, joten niiden osalta asennuspisteet jäivät vähäisiksi. Parhaiten suojatuiksi anturikaapeleiden osalta arvioitiin Metso sekä SKF, jotka käyttävät kaapeleiden suojana metallisia suojasukkia taikka vastaavia suojausmenetelmiä.

7.2 Hankinnassa huomioitavaa

Kunnonvalvontajärjestelmä on tarkoitus ostaa avaimet käteen -periaatteella, jolloin työn toimittaja vastaa asennuksesta ja käyttöönotosta tilaajan tiloissa. Tilaaaja osoittaa asennuspaikan ja osoittaa sähkönsyötön sekä tarvittavat maadoituspisteet järjestelmälle. Toimittaja antaa myös laitteiston käytön tarvitseman käyttö- ja huoltokoulutuksen tilaajan tiloissa. Näin varmistetaan siitä, että hankittava laitteisto saadaan nopeasti tehokkaaseen käyttöön. Lisäksi toimittajalta kysytään suositus varaosapaketiksi, jolloin anturin tai muun osan vikaantuminen ei aiheuta tarpeettoman pitkää katkosta mittausten suorittamiselle.

Käyttöliittymälisenssejä sovittiin sijoitettavan malminkäsittelyn valvomoon, kunnossapitopäällikön toimistoon, ennakkohuoltoinsinöörin toimistoon sekä ennakkohuoltomittajille. Lisäksi otetaan kaksi lisenssiä sijoitettavaksi myöhemmin päätettäviin paikkoihin. Yhteensä lisenssejä sovittiin tarvittavan ensivaiheessa kuusi kappaletta.

Järjestelmää ei voi asentaa murskaimelle murskaimen ollessa tuotantokäytössä, vaan asennukset on suoritettava suunniteltujen seisokkien aikana. Näin ollen hankintavaiheessa on tehtävä asennuksista suunnitelma, jossa otetaan huomioon tiedossa olevat suunnitellut murskaamon seisokit. Lisäksi asennusliikkeen kanssa on käytävä läpi työturvallisuuteen liittyvät seikat ja mahdolliset turvakoulutukset.

Mittauselektroniikan paikka on sovittava tarkemmin yhdessä tuotannon henkilöiden kanssa. Jos tarvittava elektroniikka pitää sijoittaa erilliseen kaappiin, joudutaan katsomaan kaapin vaatima tila elektroniikkatilasta. Tilantarve on mietittävä tarkoin myös tulevaisuudessa mahdollisesti eteen tulevien laajennusten takia. Elektroniikan sijoituksessa tulee ottaa huomioon

myös järjestelmän huollon tarve. Eli mittauselektroniikka on sijoitettava helposti luoksepäästävään paikkaan. Mahdollisen uuden tietokantapalvelimen paikka on sovittava tarkemmin kaivoksen tietojärjestelmistä vastaavan henkilöstön kanssa.

Murskaustapahtuman aikana tulee murskaimesta suuria iskuja, jotka voivat sotkea kunnonvalvontamittaukset. Laitetoimittajien kanssa käytävissä tarkentavissa neuvotteluissa on sovittava, kuinka tämä asia voidaan estää. Mahdollisia estotoimia voisivat olla signaalin suodatus alemmilla taajuuksilla tai mittausten ajoittaminen murskaimen tyhjäkäyntiaikaan. Tätä tarvetta varten tarvitaan tuotantotieto koneen ohjausjärjestelmästä mittausjärjestelmään. [9, 10.]

Karkeamurskaamon ja muun laitoksen välillä on kuituverkko. Olemassa olevassa kuidussa on kapasiteettia siirtää myös tulevien kunnonvalvontamittausten tarvitsema datamäärä. Näin ollen asennettava järjestelmä ei vaadi uuden kuituyhteyden rakentamista vaan voidaan tukeutua olemassa olevaan tehdasverkkoon.

Karkeamurskaamon sähkötilassa on ennestään DNA -ohjausjärjestelmän kaappi. Tilassa on hyvin tilaa myös tuleville mittauselektroniikan kaapeille tai seinäkoteloilta. Lisäksi karkeamurskaamolla on instrumentti-ilmaverkko, jos johonkin kohteeseen tarvitaan puhdasta paineilmaa. [31.]

8 HANKINTA

8.1 Hankintasuunnitelma

Talvivaara kilpailuttaa kaikki hankintansa. Kilpailutuksen jälkeen hankinnat menevät hyväksyttäväksi. Tässä vaiheessa tehdään investointiehdotus, johon kirjataan hankinnan tiedot sekä laskennallinen takaisinmaksuaika. Investointisuunnitelmaan tulee myös hankinnan hinta sekä määrätyt tekniset seikat, jotta hankinnasta voitaisiin tehdä päätökset. Investointisuunnitelman hyväksymisen jälkeen erillinen osto-osasto tekee tilauksen yhteistyössä muiden hankintaan osallistuvien osastojen kanssa ja hankinta pääsee käynnistymään.[4.]

8.2 Alustavat yhteydenotot

Alustavat tarjouspyynnöt päätettiin kysyä Metsolta, Nomelta sekä SKF:ltä. Ensimmäisessä tarjouspyyntöön liittyvässä yhteydenotossa kysyttiin lisätietoja järjestelmästä, tehtävistä mitauksista sekä käyttöliittymästä. Mahdollisilta toimittajilta pyydettiin tarkempia dokumentteja järjestelmästä. Samoin pyydettiin alustava järjestelmäkuvaus, jotta saadaan tietoa järjestelmän rakenteesta ja voidaan suunnitella hankinnan käytännön toteutusta Talvivaaran puolelta. Samalla kysyttiin halukkuutta tulla esittelemään järjestelmää Talvivaaran henkilöstölle. Tässä yhteydessä kysyttiin myös budjetarista eli alustavaa tarjousta mahdollisesti hankittavalle laitteistolle.

Ensimmäiset yhteydenotot järjestelmätoimittajiin tehtiin puhelimitse sekä lähettämällä sähköpostitse tarvittavat tiedot puhelun jälkeen. Sähköpostiviesteihin oli yksilöity mitattavat pisteet sekä muut oleelliset tiedot, joita tarvitaan alustavien tarjousten tekemiseen. Sähköpostin jälkeen kaksi järjestelmätoimittajaa kysyi puhelimitse tarkentavia tietoja muun muassa kaapelointipituuksista sekä kaapelireiteistä. Samassa yhteydessä tiedusteltiin myös murskaamon ympäristöolosuhteita.

Mahdollisilta toimittajilta kysyttiin myös, tarvitaanko järjestelmään erilliset käyttöliittymätietokoneet vai voidaanko käyttöliittymäohjelmisto asentaa jo olemassa oleviin koneisiin. Samalla tiedusteltiin käyttöliittymäkoneiden tekniset minimivaatimukset.

8.3 Toimittajilta saadut vastaukset

Laitetoimittajat lähettivät alustavat tarjoukset puhelinkeskustelun sekä sähköpostiviestien avulla saamiensa esitietojen perusteella. Tarjoukset sisälsivät tarvittavat tiedot, jotta niiden perusteella voidaan alkaa tehdä jatkoselvityksiä sekä tarkentavia neuvotteluja laitetoimittajien kanssa. Kaikki saadut tarjoukset vaativat lisäneuvotteluja, jotta laitehankintaa voidaan lähteä viemään eteenpäin.

Kaikki laitetoimittajat tarjosivat laitepakettia pyynnön mukaan asennettuna, testattuna ja käyttöön otettuna. Tarjoukset pitävät sisällään kaikki asennuksessa tarvittavat kaapelit, anturit ja kiinnitystarvikkeet. Lisäsi tarjouksiin on laskettu mukaan tarvittava mittauselektroniikka sekä tarvittavat tietokantapalvelimet ja muut tarvittavat komponentit. Tarjoukset sisälsivät myös laitevalmistajan suosittelemat varaosat, jotta järjestelmän toiminta voidaan varmistaa myös mahdollisessa laiterikkotapauksessa.

Tässä työssä ei ole eritelty tarjousten sisältöä tarkasti, pitäväthän ne sisällään teknisiä ja taloudellisia liikesalaisuuksia. Tähän on kerätty laitevalmistajilta saaduista vastauksista joitakin seikkoja ja huomioita, joita tullaan käyttämään hyväksi laitevalintaa tehtäessä.

Metso Automation

Metson järjestelmä integroidaan olemassa olevaan Metso Automationin DNA - ohjausjärjestelmään. Olemassa olevaan laitekaappiin lisätään prosessiasema sekä tarvittavat mittauskortit. DNA -järjestelmä vaatii ohjelmistopäivityksen, jotta kunnonvalvontamittauksia voitaisiin suorittaa. Käyttöliittyminä toimivat olemassa olevat DNA:n näytöt, joihin lisätään kunnonvalvonnan osio. Metson tarjoamassa laitekokonaisuudessa erilaisten tuotantotietojen ottaminen kunnonvalvonnan näyttöihin helppoa, koska kyseessä on saman järjestelmän sisäinen tiedonsiirto. Metso tarjoaa mahdollisuutta ottaa nopeussignaalit suoraan ohjausjärjestelmästä, joten erillisiä nopeusantureita ei välttämättä tarvita. Metson tapauksessa anturit kaapeloidaan kahteen kytkentäkoteloon, josta signaalit siirretään 12 -parisella kaapelilla laitekaapille. Metson asennusmateriaalit ja asennustapa todettiin tässä vaiheessa ehkä parhaiten murskaamon olosuhteisiin soveltuviksi.

Nome

Nome tarjoaa mittausratkaisuksi kahta mittausyksikköä. Toisessa olisi 16 kanavaa ja toisessa 8 kanavaa. Anturit kaapeloitaisiin näihin yksiköihin mittaustapahtumaa varten. Nome tarvitsee erilliset nopeudenmittausanturit, jotta mittausten analysointi onnistuisi. Mittausyksiköistä tiedonsiirto tapahtuisi Ethernet -yhteyttä käyttäen tietokantapalvelimelle, johon mittausdata tallennetaan. Mittauselektroniikka tulee sijoittaa sähkötilaan, jotta se voidaan suojata pölyltä sekä kosteudelta. Järjestelmän käyttö ja mittaustulosten analysointi tapahtuu normaaleilta toimistotietokoneilta, joihin on asennettu järjestelmän käyttöön tarvittava client-ohjelmisto. Toteutuksessa tarvittavat anturoinnit ja kaapeloinnit todettiin asianmukaisiksi.

SKF

SKF tarjoaa integrointia Talvivaarassa jo olemassa olevaan @ptitude -järjestelmään. Eli kiinteä kunnonvalvonta käyttäisi samaa tietokantapalvelintä kuin olemassa oleva kannettava mittauslaitteisto. Mittauselektroniikka olisi sijoitettu analysointiyksikköön, josta löytyy paikat 32 eri mittapisteelle. Mittausmoduuli tulisi sijoittaa sähkötilaan, jossa se olisi suojassa pölyltä. SKF tarvitsee omat nopeudenmittausanturit toimiakseen luotettavasti. Anturointi ja kaapelointi todettiin SKF:n tapauksessa hyvin toimivaksi ja luotettavaksi. Puhelinkeskusteluissa SKF:n edustajan kanssa tuli esille myös SKF:n tarjoama öljyanalysointi, josta voisi olla apua murskaimen kunnon mittauksissa.

8.4 Laitevalmistajien valinta jatkoneuvotteluihin

Edellä mainittujen alustavien tarjousten, laitevalmistajilta saatujen dokumenttien sekä esitteiden perusteella päätettiin rajata jatkoneuvottelut pidettäväksi kahden toimittajan välillä. Tarkentavia neuvotteluja jatketaan SKF:n ja Metso Automationin kanssa. Pienin valmistaja ei pystynyt vakuuttamaan kaapelointitekniikallaan, vaan saaduista dokumenteista pääteltiin kaapeloinnin olevan Nomen järjestelmän heikko kohta. Näin ollen se putoaa tässä vaiheessa pois järjestelmätoimittajaa valittaessa.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Markkinoilta löytyy useita kyvykkäitä kunnonvalvontajärjestelmien valmistajia kaivosteollisuuden tarpeisiin. Valmistajat ovat innokkaita astumaan uuden teollisuudenalan pariin, koska kunnonvalvontajärjestelmien markkinat ovat viime vuosina pienentyneet Suomessa paperiteollisuuden supistumisesta johtuen.

Näiden tässä työssä mainittujen laitevalmistajien kanssa jatketaan keskustelua parhaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Lisätietoja ja tarkennuksia tarvitaan useista eri asioista. Muun muassa erilaiset kunnonvalvonnan analysointitavat vaativat vielä lisäselvitystä. Lopullinen anturimäärä tulee tarkentumaan tarkempien teknisten neuvottelujen aikana. Samoin öljyanalysoinnin mahdollisuus tullaan nostamaan keskusteluissa esille. Mahdollisesti tämä öljyn analysointi otetaan mukaan laitehankintaan jo tässä ensimmäisessä vaiheessa.

Työn alussa mittapisteiden lukumäärä ja sijainti oli epäselvä. Työn edetessä mittapisteet alkoivat tarkentua. Lopullinen pistemäärä selvitettiin yhdessä käyttöhenkilökunnan sekä mittaavan kunnossapidon henkilöstön kanssa. Mittapisteet on määritetty parhaan ja kattavimman lopputuloksen saamiseksi. Mittapisteiden määrittämisessä on otettu huomioon laitteiden vikahistoria sekä laitteiden tärkeys tuotannon kannalta. Näin toimien mitään tärkeää laitekonaisuutta ei ole jätetty ilman huomiota mittapisteiden valinnassa.

Kunnonvalvontajärjestelmään mahdollisesti mukaanotettavia prosessisuureita ei ole vielä määritetty. Nämä suureet voisivat olla esimerkiksi laitteiden lämpötilatietoja ja koneiden kuormitustietoja. Nämä tiedot auttavat hahmottamaan mitattavan koneen kuntoa. Niiden määrittely jätettiin työn ulkopuolelle, koska ne vaativat vielä hieman miettimistä ja ei ole vielä varmaa, tullaanko niitä liittämään mittaavaan kunnonvalvonnan järjestelmään.

Laitevalmistajat ovat tulossa esittelemään tarkemmin tuotteitaan Talvivaaraan toukokuun 2012 loppupuolella. Näissä tilaisuuksissa on mahdollisuus tehdä tarkentavia kysymyksiä laitteistosta sekä kenttäasennuksista. Samoin tässä vaiheessa on mahdollista katsoa tarkemmin järjestelmän käyttöliittymää. Esittelijät tulevat esittelemään asennuksia sekä muutenkin järjestelmää, jotta valinta voidaan tehdä. Esittelyjen jälkeen on helpompaa alkaa tehdä tarkempia vertailuja laitteiden piirteistä ja toiminnoista.

Mahdolliseksi on nostettu myös vierailu joissakin teollisuuslaitoksissa, joissa on asennettu näiden tässä työssä valittujen valmistajien kiinteä kunnonvalvontajärjestelmä. Tällä tehdasvierailulla pääsisi katsomaan järjestelmien todellisia mittauksia oikeassa ympäristössä. Samalla vierailulla voitaisiin kysyä käyttäjiltä mielipiteitä laitteiston toiminnasta sekä tiedustella mahdollisia ongelmakohteita, jos sellaisia on laitteiston käytön aikana esiintynyt. Vierailulla pääsisi katsomaan myös asennuksia oikeassa ympäristössä, sekä tekemään tästä johtopäätelmiä valinnan helpottamiseksi. Myös järjestelmien erilaiset kunnonvalvonnan analyysit ja mittaukset olisivat tarkemman tarkastelun kohteena vierailulla.

Eräänlainen koekäyttömahdollisuus tuli esille työn suorituksen aikana. Olisi todella hyvä, jos järjestelmän voisi ottaa kokeiltavaksi oikeaan tuotantoympäristöön joksikin ennalta sovituksi ajaksi. Tämän koekäytön aikana tulisivat mahdolliset puutteet ja järjestelmän hyvät puolet esille järjestelmästä. Laitetoimittajille tämä koekäyttö olisi tietenkin taloudellinen riski, mutta laitteen ostajalle ainutlaatuinen mahdollisuus katsoa ja tutkia laitteistojen suorituskykyä.

10 YHTEENVETO

Työ osoittautui mielenkiintoiseksi antaen paljon tietoa eri laitevalmistajista ja niiden tarjoamista mittausjärjestelmistä kunnossapidon tarpeisiin. Samoin työssä tutustuttiin tarkemmin karkeamurskaimeen, sen toimintaan sekä murskaimen apulaitteisiin. Työssä on myös tutustuttu Talvivaaran malminkäsittelyosaston toimintaan.

Työn tuloksiksi oli määritetty työn aloituksessa tarvittavien mittauspisteiden valitseminen sekä soveltuvien laitetoimittajien löytäminen. Tässä tarkoituksessa työ onnistui odotusten mukaisesti ja tarvittavat mittapisteet saatiin valittua sekä työssä määritettyjen kriteerien mukaan parhaat kunnonvalvontajärjestelmien toimittajat löydettiin. Valittujen laitetoimittajien kanssa jatketaan keskustelua hankinnan onnistumiseksi. Hankinta tullaan toteuttamaan tulevan kesän ja syksyn aikana.

Tulevaisuudessa selvitettäviin asioihin jää murskaimen ylä- ja alapään laakereiden valvonta. Mahdollisia valvontatapoja voivat olla akustisen emission käyttäminen tai pyörrevirta-anturin käyttäminen valvontaan. Todennäköisempää on tosin käyttää paluuöljyn hiukkaslaskentaa laakerin kuluneisuuden valvontaan ja saada sitä kautta tietoa koneiden kunnosta.

Värähtelyantureiden langaton tiedonsiirto on tulevaisuudessa yksi varteenotettava vaihtoehto värähtelymittausten järjestämisessä. Tämä teknologia vähentää huomattavasti vikaherkkää kaapelointia ja voi monissa tapauksissa helpottaa antureiden asennuksia. Joiltakin valmistajilta on jo markkinoilla langattomaan tiedonsiirtoon soveltuvia antureita, mutta niiden käytöstä teollisuudessa on vielä kovin vähän tietoa. Tulevaisuudessa kuulemme varmaankin tästä tekniikasta lisää.

Talvivaarassa riittää mitattavaa kunnonvalvontamittausten piirissä. Tuskinpa tämä kiinteä valvontajärjestelmä jää ainoaksi, vaan tulevaisuudessa muitakin laitekokonaisuuksia tullaan liittämään kiinteään kunnonvalvontaan.

LÄHTEET

1. Talvivaaran vuosikertomus 2010
2. Talvivaaran vuosikertomus 2011
3. Kaivossuunnittelija Juho Torvi, haastattelu Kajaanin ammattikorkeakoululla 13.2.2012
4. Osastopäällikkö Erkki Kärkkäinen, haastattelu Talvivaarassa 21.3.2012
5. Hakapää Lappalainen, Kaivos- ja louhintatekniikka, Opetushallitus Helsinki, ISBN 978-952-13-4615-6
6. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Sanna Leinonen, Partikkelitekniikan luentomateriaali
7. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Mikko Heikkinen, Tuotantojärjestelmien kunnossapito luentomateriaali
8. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Sanna Leinonen, Käyttövarmuustekniikan luentomateriaali
9. Kunnossapitopäällikkö Jyrki Hirvonen, haastattelu Talvivaarassa 21.3.2012
10. Ennakkohuoltoinsinööri Vilho Shnorro, haastattelu Talvivaarassa 19.3.2012
11. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Sanna Leinonen, Teknisen diagnostiikan luentomateriaali
12. ABB oy, ABB:n TTT-käsikirja 2000-07
13. Kunnossapitoyhdistys ry, Promaint 8 • 2008 s 38 – 40
14. Hydac Oy:n internetsivut (WWW-dokumentti)
http://www.hydac.fi/pdf/uutiset/Hydrauliikka_ja_voitelujarjestelmien_kunnonvalvonta_OP.pdf luettu 19,3,
15. Kajaanin ammattikorkeakoulu, Harri Honkanen, Sähkövoimatekniikan luentomateriaali

16. FLSmiths Minerals, Karamurskaimen käyttö- ja huolto-ohjeet
17. Lukkarinen, Mineraalien hienonnus, Teollisuustieto Oy, 1984, ISBN 951-794-411-X
18. Sandvik Oy:n myyntipäällikkö Pekka Jauhiainen, puhelinhaastattelu 1.3.2012
19. Suunnitteluinsinööri Tero Piirainen, haastattelu Talvivaarassa 23.3.2012
20. SKF:n kunnonvalvonnan tuote-esitteet
21. SKF:n myyntipäällikkö Einari Lepistö, puhelinhaastattelu 2.4.2012
22. Metso Automationin tuote-esitteet
23. Metso Automationin tuotepäällikkö Erkki Jaatinen, puhelinhaastattelu 2.4.2012
24. Nome Oy:n tuote-esitteet
25. Nome:n myyntipäällikkö Tommi Helander, puhelinhaastattelu 2.4.2012
26. FAG tuote-esite
27. ABB:n tuote-esite
28. Brüel& Kjaer tuote-esite
29. Webrosensor tuote-esite
30. National Instruments tuote-esite
31. Automaatiotyönjohtaja Jari Väisänen, haastattelu Talvivaarassa 13.4.2012

