

**KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU
TEKNIikka**

Koivumies Reijo

**Malminkasauslaitteiston vika-vaikutus- ja Kriittisyys-
analyysi**

Konetekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Tuotantotekniikka
Kemi 2009

ALKUSANAT

Talvivaaran Malminkäsittely- ja tuotantoprosessi oli tullut tutuksi pakollisen yleisteknisen tuotantopainotteisen työharjoittelun aikana laadittaessa Malminkäsittelylaitteiston käyttöpaikkahierarkiaa kunnossapidon, ennakkohuoltojen ja niiden tarpeellisten toimenpiteiden täsmällisen kohdistamisen selkeyttämiseksi. Käydessäni suorittamaan tätä opinnäytetyötä olen ollut täysin taloudellisesti riippumaton kaikista yksityisistä tahoista.

Suurta apua olen saanut monelta eri sektorilta ja jäänyt niille kiitollisuudenvelkaa, muutamia niitä mainitakseni ovat Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun T&K-osaston henkilökunta Talvivaaran kunnossapitopäällikkö Timo Ikäheimonen, Talvivaaran kunnossapitoinsinööri Hannu Immonen ja Sigma Solutions Oy:n konsultti Pentti Salmensuu. Kaikki he ovat suhtautuneet työhöni avuliaasti ja varsin ennakkoluulottomasti henkilökohtaisista rajoituksistani huolimatta. Kiittää täytyy ystäviäni ja opiskelutovereitani, jotka ovat tukeneet opiskeluaani Kemi-Tornion ammattikorkeakoulussa. Kiitettävä on myös koko Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun henkilökuntaa, jotka ovat poistaneet esteitä ja kynnyksiä opintojeni suorittamisen tieltä ponnistelllessani kohti opintojen valmistumista. Kiitoksen ansaitsee myös perheeni, heidän kaikkien tukiessa minua ponnisteluisissa opintojeni suhteen.

Pienenä ongelmana analyysien suorittamisessa ja laitteistoihin henkilökohtaisesti ja konkreettisesti tutustumiseen aiheutti kaivoksen kaukainen sijainti ja matkan suorittamisen hankaluudet, sillä pyörätuolia apuna käyttäen se ei olisi ollut pelkästään yksinkertaista. Toisena ongelmana oli malmintuotantoalueella operoiminen, missä pyörätuolin kanssa liikkuminen alueella tuskin olisi ollut tarvittavan sujuvaa ja riittävän turvallista. Tarvitsemaani näkemyksiä selkeyttävää tietoa sekä apua sain kaivoksen kontaktihenkilöiltä. Haluan myös kiittää opinnäytetyöni valvoja pitkämielisestä suhtautumisesta opinnäytetyön ”Iisakin kirkon omaiseen” valmistumistahtiin.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	
Koulutusohjelma	Konetekniikka
Opinnäytetyön tekijä	Reijo Koivumies
Opinnäytetyön nimi	Malminkasauslaitteiston vika-, vaikutus- ja kriittisyysanalyysi.
Työn laji	Opinnäytetyö
päiväys	24.10.2009
sivumäärä	44+ 11 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ari Pikkarainen, Aslak Siimes
Yritys	Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Kunnossapitopäällikkö Timo Ikäheimonen

Tässä opinnäytetyössä on käsitelty vika-vaikutus- ja kriittisyysanalyysiä Bioliuotuskasan läjityksessä käytettävään malminkasauslaitteistoon. Opinnäytetyö on tehty Talvivaaran kaivososakeyhtiö OYj :n Sotkamon nikkeli-kaivokselle.

Analyysit perustuivat kahteen suomalaiseen analyysissä tyypillisesti käytettyyn standardiin PSK 6800 ja SFS 5438

Kriittisyysluokittelun perustana olivat samat kertoimet, joita on käytetty aiemmin Talvivaaran kaivoksella. Laitteet luokiteltiin kolmeen kriittisyysluokkaan A-luokan laitteita oli 47 % ja B-luokan laitteita 27 %, C-luokan laitteita 26 %. Ainoastaan luokan A laitteille tehtiin vika-vaikutusanalyysi. Laitteet olivat toiminnallisia laitteita, näiden laitteiden komponentit rajattiin analyysien ulkopuolelle.

Asiasanat: kunnossapito, analyysit, kriittisyysanalyysit

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology
Degree Programme Mechanical Engineering
Name Reijo Koivumies
Title Failure modes and Criticality analysis of ore
stacking equipment
Type of Study Bachelor's Thesis
Date 26 November 2009
Pages 44 + 11 appendixes
Instructor Ari Pikkarainen, Aslak Siimes
Company Talvivaara Mining Company Plc
Contact Person/Supervisor from Company: Manager, maintenance Timo Ikäheimonen

This study deals with failure modes effect and criticality analysis of ore stacking equipment in bioheapbleaching. The study is commissioned by Sotkamo Nickel Mine of Talvivaara Mining Company Plc. The analyses are based on two standards PSK 6800 and SFS 5438 used in typical Finnish analyses.

The basis of the critical classification is the same multipliers used earlier at Talvivaara mine. The equipment was classified into three critical classes: 47% belong to class A equipment, 27% to class B equipment, and 26% to class C equipment. The failure-effect analysis was carried out only on class A equipment. The equipment was functional devices whose components were defined outside the analyses.

Keywords: Maintenance, Analyses critical Analysis

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
aBSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
1.1. Työn asetus	1
1.2. Työn rajausta	1
2. Talvivaaran kaivososakeyhtiö	2
2.1. Historia ja sijainti	2
2.2. Biokasaliuotos	3
2.3. Bioliuotuksen numeroita Talvivaarassa	3
3. MALMINTUOTANTO	5
3.1. Malminkäsittely	5
3.2. Louhinta	6
3.3. Murskaus	6
3.4. Seulonta ja hienomurskaus	7
3.5. Agglomerointi	7
3.6. Liuotus kasan kokoaminen	7
3.6.1. Kasan rakenne	8
4. 360 PRIMÄÄRIKASAN KULJETINJÄRJESTELMÄ	9
4.1. 361KUL0001	9
4.2. Purkuvaunu362PVA0001	9
4.3. 363 KUL0001	10
5. Metallien talteenotto	11
5.1. Saostukset ja suodatukset	11
5.1.1. Kuparin saostus	11
5.1.2. Sinkin saostus	11
5.1.3. Välineutralointi	11
5.2. Nikkelin ja koboltin yhteissaostus	12
5.3. Loppusaostus	12
5.4. Suodatus	12
6. Kunnossapito	13
6.1. Kunnossapitolajit	13
6.1.1. Ehkäisevä kunnossapito	13
6.1.2. Korjaava kunnossapito	14
6.1.3. Ennakoiva kunnossapito	14
6.1.4. Parantava kunnossapito	15
7. Kunnossapidon käsitteitä ja termistöä	16
7.1. Käyttövarmuus	16
7.2. Kunnossapidettävyys	17
7.3. Käytettävyys	17
7.4. Käyttöaste	17
7.5. Käyntiaste	17
8. Maximo	21

9.	työn suoritus.....	22
9.1.	Laitteiden hierarkia.....	22
9.2.	Taulukoiden laatiminen.....	22
10.	Kriittisyyden arviointi.....	24
10.1.	Laiteluokitus.....	24
10.2.	Analysointitehtävän muutos.....	25
10.2.1.	Turvallisuus.....	25
10.2.2.	Laatu.....	25
10.2.3.	Korjattavuus.....	26
10.2.4.	Tuotanto.....	26
10.2.5.	Ympäristö.....	26
10.3.	Kertoimet.....	27
10.3.1.	Painoarvot.....	27
10.3.2.	Vikavälit.....	27
10.3.3.	Seisokkien kertoimet.....	28
10.4.	Käytetyt standardit.....	28
10.4.1.	PSK6800.....	28
10.4.2.	SFS5438.....	29
10.5.	Ennakkohuoltosuunnitelmat.....	30
10.5.1.	Kuntotarkastukset.....	30
10.5.2.	Seisokkityöt.....	31
11.	VVA.....	32
11.1.	RCM.....	33
12.	OSAINDEKSIEN TARKASTELU LAITELUOKKIEN MÄÄRITTÄMISESSÄ.....	35
12.1.	Kriittisyyden osaindeksien keskiarvojen käyttö laiteluokituksessa.....	35
12.2.	Laiteluokitus ja analysointi osaindekseillä.....	35
13.	YHTEENVETO.....	39
13.1.	Rullastot ja taittopyörät.....	39
13.2.	Kuljetinhihnat.....	39
13.3.	Kaavarit.....	40
13.4.	Vetokoneistot.....	40
13.5.	Hyväksyttävien kriittisyystasojen määrittäminen.....	40
13.6.	Tulosten käsittely.....	41
14.	LÄHDELUETTELO.....	43
15.	LIITELUETTELO.....	44

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

TVA= telan vetoasema

PVA =purkuvaunu

KUL= kuljetin

VVA =vika- ja vaikutusanalyysi (failure mode and effect analysis)

DT = Down Time; aika, jolloin laite saadaan tuottamaan ja tuotantokuntoon suunnitellun tai suunnittelemattoman seisokin yhteydessä. DT pitää sisällään myös MTR:n

MTR= mean time to Repair ;aika joka kuluu laitteen kunnostus- korjaus ja vaihtotyöhön.

MTBF=Mean Time between Failure.

RCM= Reliability Centred Maintenance. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito.

RTF= run to Failure; tai Run to Fault

1. JOHDANTO

1.1. Työn asetus

Opinnäytetyöksi asetettiin ja suunniteltiin Talvivaaran kaivoksen malminkäsittelylaitteistojen vikavaikutus- ja kriittisyysanalyysi.

1.2. Työn rajaus

Opinnäytetyön lähtölaukauksessa eli aloituskokouksessa työnvalvojat Aslak Siimes ja Ari Pikkarainen kehottivat rajaamaan työn laajuutta laitteistojen toiminnallisiin kokonaisuuksiin. Välittömästi aloituskokouksen jälkeen käydyssä keskustelussa Talvivaaran kunnossapitopäällikkö Timo Ikäheimosen kanssa työtä päädyttiin rajaamaan primäärikasan kasauksessa käytettäviin toiminnallisiin laitteisiin. Rajaus oli helposti perusteltu, sillä malminkäsittelylaitteiston kriittisyyden analysointi on kokonaisuudessaan liian laaja ja monimuotoinen työ vain yhden opinnäytetyön puitteissa tehtäväksi. Malminkäsittelyn Prosesseissa on muun muassa seuraavanlaisia toiminnallisia laitteita ja alilaitteita:

Taulukko 1Malmin käsittelyn toiminnalliset laitteet /11/

hihnakuljettimia	49 kpl	
siiloja	64 kpl	sulkuluukkuineen
murskaimia	9 kpl	
syöttimiä	32 kpl	
täryseuloja	12 kpl	

Lisäksi mukaan kuuluvat kaikkien edellisten käyttövoiman lähteet ja voiman välitys ja rakennetut pölynpoistojärjestelmät. Rakennetun ja syyskuussa 2009 käyttöön otettavan sekundäärimurskaamon laitteisto ei kuulu edelliseen taulukkoon.

2. TALVIVAARAN KAIVOSOSAKEYHTIÖ

2.1. Historia ja sijainti

Talvivaaran kaivososakeyhtiö on perustettu v. 2003. Kyseessä on Euroopan suurin sulfidisen nikkelin tuotantolaitos. Talvivaaran kaivos sijaitsee n. 35 km Kajaanin kaupungista lounaaseen ja Sotkamon keskustasta 25 km etelään Rautavaaran suuntaan. Esiintymä on alun perin löytynyt Geologian tutkimuskeskuksen tutkimuksissa 70- ja 80-luvun vaihteessa. Tällöin esiintymä havaittiin suureksi, mutta verrattain heikkolaatuiseksi. Tämän vuoksi sen hyödyntäminen ei ollut kannattavaa perinteisillä rikastusmenetelmillä. Kaivosoikeudet jäivät Outokumpu Oyj:n haltuun, joka myi ne vuonna 2003 entiselle työntekijälleen Pekka Perälle yhden euron hintaan. Talvivaarassa tehtiin vuosina 2005–2008 poikkeuksellisen suuri koe: tulevalla kaivosalueella käsiteltiin 17 000 tonnin erä alueelta louhittua malmia kaivospiirin koko on n. 60 km² /2/ Kaivos- ja tuotantoalueelle on laadittu tarkkailusuunnitelma. Tarkkailusuunnitelmalle on tehty ympäristölupa päätös 33/07/1 kasa-alueen koko on 330 ha /3/

Esiintymien malmivarat arvioidaan 336 miljoonaksi tonniksi ja ne riittävät vähintään 24 vuoden tuotantoon. Odotetut ja todennäköiset mineraalivarannot kasvoivat 42 prosenttia joulukuussa 2008 642 miljoonaan tonniin, ja todetut, todennäköiset ja mahdolliset varannot kasvoivat 76 prosenttia 1 004 miljoonaan tonniin. Kaivoksen oletetaan tuottavan metalleja vähintään 60 vuotta.

Ensimmäinen 100 tonnin erä nikkelisulfidia toimitettiin Talvivaaran sopimuskumppanille Norilsk Nickel Harjavalta Oy:lle 19.2.2009.

Talvivaarassa on Kuusilammen avolouhoksen lisäksi toinen, Kolmisopen louhosalue. Louhos on suunniteltu avattavaksi tuotantoon

v. 2015. Tämän hetken suunnitelmissa on, että alueen rakentamistyöt aloitetaan v. 2014. Tuotantokapasiteettia päätettiin laajentaa enintään 50.000 nikkelitoniin vuodessa vuonna 2012. Päätös tehtiin kesäkuussa julkistetun menestyksekkään osakeannin jälkeen. Talvivaaran murskauspiiriä laajennetaan murskauskapasiteetin nostamiseksi noin 22 miljoonaan tonniin vuodessa. Uudelleensuunnitellun ja laajennetun piirin asennus eteni aikataulun mukaisesti kohti suunniteltua käyttöönottoa syyskuun 2009 alussa. tuotantotavoitteet vuoteen 2011 mennessä ovat Nikkeliä 33 000 sinkkiä 60 000 t kuparia 10 000 t kobolttia 1 000 t Talvivaaran kaivokselle on valmistunut Kajaanin kautta oma rautatie fokkulantin kuljettamiseksi Norilsk Nickelin Harjavallan tehtaille nikkelin ja kobolttin prosessoimista varten. Vuonna 2011 kaivokselle tulee kolme junaa päivässä ja tavaraa liikkuu 1,5 miljoonaa tonnia vuodessa. Yhtiön liikevaihdosta 75 prosenttia tulee nikkelistä.

2.2. Biokasaliuotus

Talvivaaran kaivoksella käytetään eurooppalaisittainkin erilaista rikastusmenetelmää eli nk. biokasaliuotusta. Menetelmä poikkeaa täysin verrattuna perinteiseen panosrikastukseen. Menetelmästä käytetään myös nimitystä bioliuotus ja biokasaliuotus (bioheapleaching eng.). Opinnäytetyössä käytetään molempia nimityksiä. Nimitykset synnyttävät helposti vääriä mielikuvia.

Menetelmässä malmi rikastetaan bakteereja sisältävän ja happaman liuoksen avulla. Prosessi on sinänsä luonnon mukainen. Prosessina metallien bioliuotusta tapahtuu jokaisessa sopivassa malmiossa myös luonnossa, mutta teollisesti prosessia nopeutetaan huomattavasti säätämällä olosuhteet bakteereille sopiviksi sekä kasvattamalla malmin pinta-alaa murskaamalla. Liukenemista tapahtuu luonnossa alati. Luonnon mukaisuutta lisää se, että Talvivaaran bioliuotus on prosessi, jossa bakteerit katalysoivat metallien liukenemista malmista. Talvivaara hyödyntää prosessissaan bakteereita, joita esiintyy alueen kallioperässä luonnostaan. Investoinneiltaan menetelmä on edullinen. Samanlaista energian tarvetta ja kulutusta ei menetelmässä ole verrattuna perinteisiin rikastusmenetelmiin. Menetelmän käyttämiseen ei liity suuria ympäristöriskejä. Menetelmä soveltuu hyvin sulfidisten malmien rikastamiseen, kuten nikkeli, kupari ja koboltti. Liuotuskasat, 2 kpl, ovat kooltaan n. 8 -10 m korkeita, 400 m leveitä ja 2400 m pitkiä, ja liuotusalue on 330 ha. Kasan alle on rakennettu myös ilmastusputkisto. Putkistolla tuotetaan kasaan happea, joka parantaa metallien liukenevuutta bakteerien avulla. Kasan päälle asennetaan kasteluputkisto huuhtelevaan kasaa bakteerien ja hapon liuoksella. Kasaa kastellaan liuoksella, jota kierrätetään kasan läpi, kunnes liuoksen metallipitoisuus on riittävän suuri metallien talteenottoa varten. Liuos kerätään kasojen pohjalta, minkä jälkeen se joko kierrätetään uudelleen kasan läpi tai syötetään metallien talteenottoon.

Primääriliuotuksen jälkeen malmi siirretään sekundääriliuotuskasaan. Kasan siirron yhteydessä kasa ilmastuu, malmi sekoittuu ja nk. kuolleet alueet, eli liukenemattomat alueet, kuten reunat, tulevat liuotetuiksi. Primääriliuotusvaihe kestää n. 500 vrk ja sekundääriliuotusvaihe 200 vrk./2/

2.3. Bioliuotuksen numeroita Talvivaarassa

Vaikka bioliuotusmenetelmän investointeja pidetään suhteellisen edullisena, ovat täyteen tuotantovalmiuteen suunnitellut ja tarvittavat rakennelmat melko massiiviset. Seuraavassa on osittain jo rakennettuja määriä.

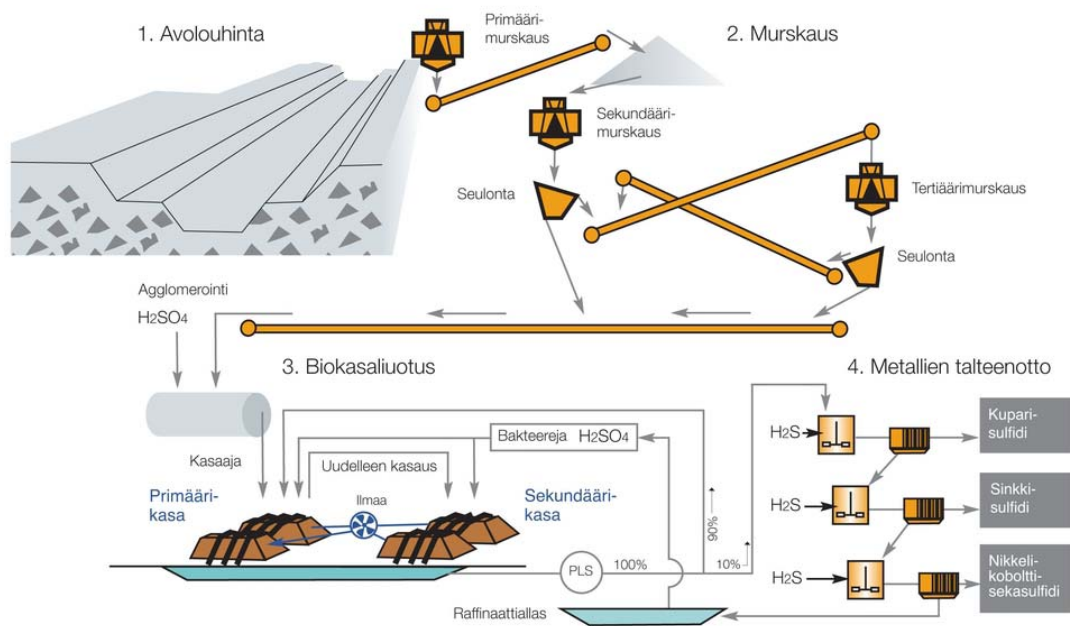
- 500 mm putkilinjoja n. 100 km
- liuoskierron putkilinjoja suunniteltu: 7000 km
- liuoskierronvirtaus 30 000 m³ /h /1/

Bioliuotuksella saadaan talteen kultaa Etelä -Afrikassa, kuparia Etelä Amerikassa, sinkkiä Japanissa ja nykyään myös nikkeliä Suomessa. Menetelmää on nykypäiväistänyt teknologiajohtaja Marja Riekkola-Vanhanen Talvivaaran kaivososakeyhtiöstä.

Malmintuotannon jäädessä jälkeen v. 2008 tavoitteestaan murskaamojen toimintahäiriöiden vuoksi, päätettiin v. 2009 ensimmäisessä yhtiökokouksessa tehdä 22.3 miljoonan suunnattu osakeanti Lontoon pörssissä ja samalla suorittaa tuotannonlaajennus. Osakeantilla kerättiin nopealla aikataululla 82 milj.€. (/4/Laajennussuunnitelmiin sisällytettiin uuden sekundäärimurskaamon rakentaminen, koska edellinen hienomurskaamo ei ollut kapasiteetiltaan riittävä. Laajennuksen investointeihin kuuluu myös uusien rikkivety- ja vetytehtaan rakentaminen. Investointien arvo on vuosina 2009- 2010 n. 55 milj. €

3. MALMINTUOTANTO

Talvivaaran uudelleen suunniteltu ja laajennettu murskauspiiri, on ollut toiminnassa syyskuun alusta. Joinakin, yksittäisinä päivinä on ylitetty 50000 tonnin raja. Saavutetut tuotantovolyymit osoittavat, että murskauspiiri pystyy saavuttamaan asetetun 60000 tonnin päivätavoitteen. Tämä vastaa vuositasolla 22 miljoonaa tonnia. Malminkuljetuskapasiteetti rajoittaa tällä hetkellä murskauksen kokonaiskapasiteettiä. /8/



Kuva 1. Talvivaaran tuotantoprosessit/5/

3.1. Malminkäsittely

Malmin tuotanto on tuotannollisilta sijainneiltaan järjestetty numeeris-loogisesti. Tällöin tuotannon eri osat ovat tarkkailtavissa ja helpommin hallittavissa, myös tuotantomäärien suhteen. Seuraavassa taulukossa 2 on malmintuotannon numeerinen järjestys /11/

Taulukko 2 Malminkäsittely prosessin mukaisesti ja käyttöpaikoittain/11/

210	Kuusilammen avolouhos
310	Karkeamurskaamo
320	Kuusilampi hihnakuljetin
320	Kuusilampi hihnakuljetin

330	Välivarasto
340	Murskaamo
341	Seulomo
342	Hienomurskaamo
350	Agglomerointi
360	Primäärिकासan kuljetinjärjestelmä
361	Stacking pile conveyor
362	Tripper car on rails
363	Mobile stacking conveyor on crawlers
364	Tripper car on mobile stacking conveyor

kokonaisuutta selventävä Kaavio, Malmintuotannon käsittelystä ja kasauksesta on havainnollistettu prosessin mukaisesti (Liitteessä 2).

3.2. Louhinta

Talvivaaran kaivoksella malmi tuotetaan Kuusilammen avolouhoksesta. Tavoitteena oli alun perin tuottaa rikastettavaa malmiä 15 Mt/a v. 2009 lähtien. Vuoden 2010 lähtien tavoitteeksi on nostettu 50 Mt vuodessa. Tuotanto määrän tavoitteen nosto selittyy uuden murskaamon rakentamisella. Talvivaarassa on Kuusilammenlouhoksen lisäksi toinen, Kolmisopen louhosalue. Louhos on suunniteltu avattavaksi tuotantoon v. 2015 ja alueen rakentamistyöt aloitetaan v. 2014

3.3. Murskaus

Murskaaminen joudutaan suunnittelemaan erikseen jokaiselle malmityypille. Talvivaarassa sivukivi-malmi-suhde on lähes 1/1, minkä ansiosta malmivaroja voidaan hyödyntää kustannustehokkaasti. Primäärivaiheessa murskaaminen tapahtuu karamurskaimella. Murskaamisen nopeuttamiseksi on murskaamoon asennettu iskuvasara. Sekundäärivaiheessa ja tertiäärivaiheessa käytettävät murskaimet ovat kartiomurskaimia. Murskaimilla voidaan tuottaa kuutiomaista ja liuskemaista murskettä. Talvivaarassa tehdyssä pilottikokeessa havaittiin, että kuutiomaisesta murskeesta näyttäisi liukenevan vähemmän metallia kuin liuskemaisesta, mutta se sitoo paremmin kosteutta agglomerointivaiheessa.

Malmi murskataan liuotusta varten kolmessa vaiheessa. Louhinnan jälkeen ensimmäisenä malmi murskataan primäärimurskauksessa n. 250 mm kokoon. Primäärimurskausvaiheen jälkeen malmi siirretään hihnakuljettimella (Kuusilammen kuljetin 2,4 km) välivarastoon, n.50000 m³. Välivarastosta malmi siirretään seuraavalla hihnakuljettimella sekundääri-

murskaukseen ja murskaamisen jälkeen suoritetaan siirto hihnakuuljettimilla ensimmäiseen seulontaan. Seulonnan ylitteelle tehdään ensimmäinen tertiäärimurskaus ja seulotaan jälleen. Eri seulontojen ylitteet jaetaan kiertopiirien kautta seuraaviin tertiäärimurskauksiin.

3.4. Seulonta ja hienomurskaus

Kun seulonnoissa ja tertiäärimurskauksissa on saavutettu optimaalinen raekoko on saavutettu siirretään alitteeksi erottunut murske hihnakuuljettimella agglomerointiin. Samalla kuuljettimella kuin alitteet, siirretään myös murskaus- ja seulontavaiheissa eroteltu malmipöly agglomeroinnin varastosiiloon. Optimaaliseksi raekooksi on tutkimuksissa havaittu 8 mm. Raekokoa analysoidaan nk. seula-analyysillä. Seula-analyysi tarkoittaa, että analyysissä 8 mm seulasta kiviaineksesta massamääräisesti 80 % menee alitteeksi, 20 % jää seulan päälle ylitteenä, joka ohjataan tertiäärimurskaukseen. Tuotannon tavoitteiksi on asetettu, että prosessiin menevästä kiviaineksesta enemmän kuin 10 % on raekooltaan pienempää kuin 250 µm. Pieniraekokoinen kiviaines seulotaan pois ennen kiviaineksen syöttöä seuraavaan murskaimeen. Myös malmia tiivistämättömiä murskaimia ja kuuljettimia käytetään.

3.5. Agglomerointi

Agglomeronin tarkoituksena on sekoittaa malmimurske ja seulonnoissa ja murskauksissa syntynyt ja talteen otettu pöly keskenään. Sekoitus tapahtuu pyörivissä agglomerointirummuissa. Pyörimisen aikana murske käsitellään eli kostutetaan miedolla rikkihappoliuoksella (pH 1.8) pienempien partikkelien sitomiseksi malmirakeisiin ja metallien liukenemisen käynnistämiseksi. Bakteereja liuokseen ei tässä yhteydessä lisätä, vaan ne lisätään vasta kasan kasteluvaiheessa; kanavoituminen kasassa pienenee ja kasa rakentuu homogeeniseksi. /2/

3.6. Liutus kasan kokoaminen

Liutuskasan kokoamiseen käytetään liikkuvia ja materiaalia pakkaamattomia hihnakuuljettimia. Kasauksessa olisi mahdollista käyttää pyöräkuormaajan ja kaivinkoneen tyyppisiä laitteita. Kasan rakenteen kannalta toimivin ja hellävaraisin tapa koota liutuskasa on käyttää kuljetinhihnoja ja liikkuvia kasauslaitteita. Kyseisen tyyppisellä kalustolla kasa rakentuu oikein, jolloin liuotusnesteen lammikoituminen ja kanavoituminen kasassa pienenee. /2/ Liutuskasan alimpana on betoniittimatto. Maton perimmäinen tarkoitus on käytännössä ympäristön varjeleminen. Maton päälle asennetaan 2 mm HDPE, ja kalvon päälle asetetaan

3.6.1. Kasan rakenne

synteettinen kaksinkertainen salaojakangas suojaamaan muovikalvoa. Kankaan päälle laitetaan salaojaputkisto ja niiden päälle 25 cm paksu murskekerros. Murskekerroksen päälle asennetaan ilmastusputket ja niiden päälle rakennetaan varsinainen liuotuskasa.

4. 360 PRIMÄÄRIKASAN KULJETINJÄRJESTELMÄ

Positioneroilla 36 alkavien laitteiden Positiointi on primäärikasan rakentamisessa ja läjityksessä. Jo aiemmin kerrotussa tekstissä on mainittu, että Primäärikasan kasaukseen käytetään liikkuvia hihnakuljettimia, kiskoilla liikkuvia purkuvaunuja ja kuljettimia. Niillä kasaaminen on mahdollista suorittaa läjittäminen hellävaraisesti, muun muassa siksi, että niillä suoritettujen siirtojen vuoksi, malmissa ei tapahdu raekokoon muutoksia. Seuraavissa kappaleissa ja liitteissä on selvitetty kasaukseen tarvittavien laitekokonaisuuksien toimintaa.

4.1. 361KUL0001

361 KUL 0001 Kasauskuljetin tuo agglomeraatin agglomeroinnista. Purkuvaunu 362PVA0001:n nostosillan avulla nostetaan kuljettimen 361-hihna, ja sillä tuleva malmi syötetään purkuvaunun syöttösuppilolle. 361- hihna käännetään kolmen taittopyörän avulla kohti 361- kuljettimen pohjoista vetoasemaa ja sitä kautta paluukiertoon, missä 361 hihna palaa takaisin agglomerointiin. Paluukierrossa hihna kulkee 362 purkuvaunun alapuolitse. 362- syöttösuppilon kautta pudotettu malmi ohjataan 363-KUL0001 siltakuljettimen hihnalle, mikä kuljettaa malmin primäärikasan leveys suunnassa ja hihna nostetaan. 363KUL0001 on saksalaisen FAM:in valmistama 445 leveä siltakuljetin, joka on asennettu yhdeksän telanvetoaseman päälle. Siltakuljetin liikkuu liuotuskasan pituus suuntaan siltakuljettimen päällä kiskoilla liikkuvan purkuvaunuun 364-PVA0001, Malmi virtaa syöttösuppilon kautta purkuvaunuun 364-PVA0001; liitettyyn kuljettimeen 364-KUL0001, joka heittää, malmimurskeen primääri liuotuskasaan.

4.2. Purkuvaunu362PVA0001

362PVA0001 Purkuvaunun nostosillan kautta ja avulla nostetaan kuljettimen-361- hihnaa, 361 hihnaa jolla agglomeroinnista tuleva malmi syötetään purkuvaunun syöttösuppilolle. 361:n hihna käännetään kolmen taittopyörän avulla kohti 361 kuljettimen pohjoista vetoasemaa ja sitä kautta paluukiertoon, jossa 361 hihna palaa takaisin agglomerointiin. Paluukierrossa hihna kulkee 362- purkuvaunun alitse. 362 -PVA:n Syöttösuppilon kautta pudotettu malmi ohjataan 363-siltakuljettimen hihnalle. 362 purkuvaunu on asennettu liikkumaan maahan linjatuilla kiskoilla. Purkuvaunua liikuttaa 16 kappaletta sähkömoottoreita. Jokaisella moottorilla on oma vetopyöränsä. Moottorit ja vaihdelaatikot ovat asennettu kääntöteleihin; 362PVA:n Teknisiä ratkaisuja on havainnollistettu liitteissä 4/1 ja 4/2

4.3. 363 KUL0001

363KUL0001, (Stacking Pile Conveyor) siltakuljettimen hihna, kuljettaa malmin primäärikasan leveyssuunnassa. Hihna 363KUL0001 on saksalaisen Bulkkimateriaalien käsittelylaitteisiin erikoistuneen yrityksen, FAM:in (Förderanlagen Magdeburg) valmistama 445 m pitkä siltakuljetin, joka on asennettu yhdeksän telavetoaseman päälle. Purkuvaunu 362 ja kuletin 363, liitos havainnollistuu kohtuullisesti kuvassa 2. Siltakuljetin liikkuu liuotuskasan pituussuunnassa. Kuljettimen hihnaa nostetaan siltakuljettimen päällä olevilla kiskoilla liikkuvaan purkuvaunuun 364PVA0001. Malmi virtaa Purkuvaunun syöttösuppilon kautta mihin purkuvaunuun liitettyyn kuljettimeen 364KUL0001, joka heittää Malmimurskeen primääriliotuskasaan. Purkuvaunun 364PVA0001 (Tripper car on mobile stacking conveyor) eli läjittimen toimintaperiaate on samanlainen kuin 362 purkuvaunun, eli 363 Kuljetinhihna nousee 364 Tripperarin nostosillan kautta syöttösuppilolle, minkä kautta malmi virtaa Tripperin 364PVA:n päällä olevalle kuljettimelle, 364KUL0001, joka heittää malmin liuotuskasaan. 364-PVA:n tekniikkaa on esitelty liitteessä 4/3



Kuva 2. 362PVA0001; 363KUL0001alku; ja TVA0001

5. METALLIEN TALTEENOTTO

Metallien talteenotossa nikkeli, kupari, sinkki ja koboltti saostetaan ja suodatetaan metallia sisältävästä kierrätysliuoksesta, jotta saadaan aikaan myytäviä metallituotteita. Kun metallit on erotettu, liuosta puhdistetaan edelleen, minkä jälkeen se palautetaan takaisin kasan kiertoliuokseksi. Liuos kerätään kasojen pohjalta, minkä jälkeen se joko kierrätetään uudelleen kasan läpi tai syötetään metallien talteenottoon. Kaiken kaikkiaan tämän teknologian odotetaan verrattuna useimpiin muihin nikkelikaivoksiin vaativan vähemmän investointeja ja toimivan pienemmillä käyttökustannuksilla, minkä ansiosta Talvivaara-projekti on vähemmän altis metallien hinnanvaihteluille. Liuosta kierrätetään kasan läpi, jotta metallipitoisuus kasvaisi siinä riittäväksi. Kierrätysliuoksesta otetaan 10 %:n sivuvirta, joka menee metallien saostukseen. Samalla kiertoliuos laimenee sivuvirran verran.

5.1. Saostukset ja suodatukset

Ensimmäisenä saostetaan liuoksesta sinkki ja kupari.

Saostusten sulfidit suodatetaan, pestään ja kuivataan. Osa sakasta palautetaan takaisin saostuksiin pH:n säätämistä ja metallien paremman erottumisen lisäämiseksi.

5.1.1. Kuparin saostus

Kuparisulfidia tullaan tuottamaan 2 488 kg/h. Kupari saostetaan rikkivetykaasulla (H₂S) ja saostusreaktiota ohjataan säätämällä kuparin ja rikkivedyn moolisuuhdetta. Kuparin saostukseen käytetään kahta sakeutinta, joiden halkaisijat ovat noin 30m. Suodatukseen tarvitaan 2 kpl nauhasuodattimia (suodatuspinta-alaltaan 2x20m²)

5.1.2. Sinkin saostus

Sinkin sakeuttimia on 4 kpl. Ne ovat halkaisijaltaan 20 m, nauhasuodattimia on rakennettu 4 kpl á 50 m² ja sinkkisulfidin tuotantomäärä on 12 100 kg/h

Sinkki saostetaan suotopuristimella. Metallien talteenotossa on liuoksen pH:ta säädeltävä, ettei saostuksissa saostuisi epäpuhtauksia ja muita metalleja., kuten alumiinia. Tämän vuoksi on liuokselle suoritettava joidenkin reaktioiden jälkeen välineutralointi.

5.1.3. Välineutralointi

Neutralointi suoritetaan kalsiumkarbonaatilla (CaCO₃), joka on lietetty veteen. Tätä ns. kalkkikiveä kuluu Talvivaaran tapauksessa arviolta 44 500 kg/h. Liettämisen helpottamiseksi ja onnistumiseksi kalkkikiven käsittelylle on omat murskaimet.

5.2. Nikkelin ja koboltin yhteissaostus

Sulfidisaostukset tehdään eri saostuslinjoissa, jotka ovat lähes identtisiä

Näitä seuraa välineutraloinnin ja alumiinin poiston jälkeen suoritetaan nikkelin ja koboltin saostus. Nikkelin ja koboltin saostusta varten metallien talteenotossa on määritelty tarvittavan rakennettu 6 kpl 360 m³:n reaktoreita. Saostetut metallit erotetaan liuksesta sakeuttimilla. Sakeuttimia on nikkelimille ja koboltille rakennettu 3 * Ø 30 m ja. Saosteet suodatetaan ja pestään vedellä Saosteiden suodatuksia varten ja vesipitoisuuden alentamista varten on rakennettu 2 kpl 50 m² nauhasuodatinta, sekä suotopuristin. arvometallien fokuulointia voidaan ylläpitää jatkuvasti, metalli pitoisuuksien noustessa liuoskierrossa sopivalle tasolle. Ni-/Co-sakkaa valmistuu 7500 kg/h

5.3. Loppusaostus

Kun arvokomponentit on saatu talteen, seuraa loppusaostus. Sulfidisaostukset tehdään eri saostuslinjoissa, jotka ovat lähes identtisiä. Jäljelle jääneet metallit saostetaan hydroksideina. Loppusaostukseen johdetaan noin 1/3 koko liuosmäärästä, muu osa kierrätetään takaisin bioliuotukseen NiCo-saostuksen jälkeen.

5.4. Suodatus

Saostuma erotetaan sakeuttamissa, joista liuos menee loppusaostukseen. Kuten aikaisemmissakin saostuksissa, osa sakasta palautetaan saostukseen paremman metallien erottumisen parantamiseksi. Saostumat pestään ja suodatetaan nauhasuotimella, lisäkuivaus tehdään tarvittaessa puristimilla. Tuotteet pestään ja suodatetaan nauhasuotimella. Pesun jälkeen vesipitoisuutta alennetaan puristimilla.

6. KUNNOSSAPITO

Tehokas kunnossapito on sitä, että kunnossapitäjät osaavat laatia laitteille järkevät strategiat ja optimoida tuotantokyvyn pysymään mahdollisimman hyvänä. /14/

Talvivaaran kunnossapitostrategiana on ehkäisevä kunnossapito. Kunnossapitoryhmän vahvuus on 25 henkilöä, joista 8 henkilöä on suunnittelu- ja työnjohdollissa tehtävissä. Kunnossapitoryhmää voidaan pitää nk. yläpainotteisena, mutta asia ei kuitenkaan ole niin yksisilmäinen, sillä johdollinen ja suunnittelutaso osallistuu myös tarvittaessa kenttätehtäviin. Kirjassaan Kunnossapito Jorma Järviö painottaa kunnossapidon tehtävien ennakkosuunnittelun tehollista ja tuotannollistaloudellista merkitystä.

Työn tehokkuuden nousun määritelmä (.wrench Time), jolloin kunnossapitaja todellisudessa kunnostaa konetta, on tehollisena n. 35% , käytetystä ajasta. Kokonaistyöajasta otetaan pois avustaviin ja alustaviin toimiin kulunut aika ja ”ympyrän kävely”.

Amerikkalaisen tutkijan Doc Palmerin laskelmien ja tutkimusten mukaan suunnittelulla voidaan nostaa työntekijöiden tehokkuutta 35 %:sta suoritusarvosta 55 %:iin, kun nk. avustavat työt kunnossapitotoimenpiteiden aikana vähenevät. Jos Wrench time on 55%:n luokkaa, sitä voi tutkimusten ja asiantuntijoiden mukaan tavoiteltava arvona./6/

Talvivaaran kunnossapidon organisaatiota voidaan pitää miehitykseltään ohuena tai kevyenä verrattaessa kokonaistyökuormaan. Suunnittelun merkitys ehkäisevässä kunnossa pidossa ja tehokkuuden nousemisen laskenta voidaan laskea euromääräisenä kaavalla: ennakkohuollot+ määräaikainen kunnossapito + kunnan valvonta+ kunnostaminen. Tulos ilmoitetaan prosenttilukuna.

Kunnossapidossa on myös käytännössä kysymys sisäisen markkinoinnin mukaan palvelutuotteesta. Kunnossapito on tuotantotaloudellista tuotantotoimintaa. Kunnossapidon tehokkuutta lasketaan myös euroina. Prosenttiluvuista ja euromäärien vuotuisista kehityksistä seurataan, onko tuote nimeltä kunnossapito onnistunut.

6.1. Kunnossapitolajit

6.1.1. Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevässä kunnossapidossa (preventive maintenance), eräänä päätavoitteena on käyttöasteen pitäminen korkealla, eli suunnittelemttomien seisokkien, eli vikaantumisten ehkäiseminen. Ehkäisevä kunnossapito on käytännössä jaksotettua kunnossapitoa, suunniteltuja, kuntoon perustuvia korjauksia. Ehkäisevä kunnossapito sisältää huollon piirteistöä ja tehtävät yleensä suunnitellaan ja aikataulutetaan niin, että ne suoritetaan säännöllisin määräajoin. Ennalta-aavistettavissa vikaantumistapauksissa, kunnossapitotoimenpiteet suoritetaan, joko siirrettyinä tai jaksotettuna kunnossapitona tai seisokkityönä. Siirretty tai jakso-

tettu kunnostus tapahtuu varsinkin niissä tapauksissa, kun vikaantuminen ei lisää olennaisesti muiden vikaantumisten riskiä ja mahdollisuutta. Ehkäisevässä kunnossapidossa seurataan ja valvotaan laitteen tai laitteiston suorituskykyä ja suorituskyvyn parametrejä.

Ehkäisevä kunnossapito pyrkii suunnitelmallisuudellaan ja toimenpiteillään, välittömien kunnossapitokustannusten alentamiseen vähentämään vikaantumisten todennäköisyyttä, vikaantumisen ja toimintakyvyn heikkenemisen havaitsemiseen, ennen kuin se aiheuttaa prosessien pysähtymisiä. ¼ vioista voidaan ehkäistä toimivalla ennakko-ohjelmalla ja kunnonvalvonnalla./14/

tarkastaminen ja kunnonvalvonta on merkittävä osa ehkäisevää kunnossapitoa. Toimivan kunnan valvonnan piirteisiin kuuluu vikojen kehittymisen suuntausten tuntemista. Langattoman tiedonsiirron myötä on kunnonvalvontaan ja käynnin valvontaan muodostunut käsite nimeltään ”etäkunnossapito.” Kyseisellä etäkunnossapidossa on mahdollista ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat toimintakunnan testaaminen ja toteaminen, käynninvalvonta ja vikaantumistietojen analysointi. Kunnonvalvonnan mittauksissa yleensä seurataan ja analysoidaan tärinää, lämpötilaa, voiteluaineiden tms. laatua, virtausta puhtautta, painetta, käyntinopeutta sähköä, käyntinopeuksia ja muita prosessien suureita. Tekniikan lisääntyessä etäkunnossapito kaukodiagnostiikan avulla ja etäkunnonvalvonta tulee valtaamaan lisää alaa, koska se on käyttövarmuutta lisäävä tekijä. Eräänä olennaisena elementtinä etäkunnonvalvonnassa ja etäkunnossapidossa on toimenpiteiden ja vikailmoitusten dokumentointi ja raportointi. Huolto on käytännössä enemmän kunnossapitolaji.

6.1.2. Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa (Corrective maintenance) kunnossapidon toimenpiteet tapahtuu suunnittelemattoman ja äkillisen korjaustarpeen perusteella. Korjaavan kunnossapidon tunnusmerkistöön kuuluu, että vioittumaan alkanut tai vioittunut laite korjataan ja vaihdetaan vasta vian synnyttyä, eli laite ajetaan vikaan RTF-metodilla. Kyseinen laite kuuluu matalimpaan kriittisyysluokkaan ja sen vikaantuminen ei aiheuta toimenpiteiltään korjattavuudessa ja vaihdettavuudessa suuria kustannuksia ja vioittumisen aiheuttama tuotannollinen katkoksia ja seisokit ovat lyhyitä ja vähemmän merkityksellisiä kokonaistuotannon kannalta.

6.1.3. Ennakoiva kunnossapito

Ennakoivaan kunnossapitoon (Predictive Maintenance), joka on toimintaa vikojen synty-misen ehkäisemiseksi, suorittamalla kunnossapito korjaus- ja vaihtotoimet vikaantumisen jo alettua tai niiden tapahduttua. Vaihto- ja korjausvälit perustuvat joko todettuun tai odotettuun laitteen elinkaareen, vikaantumisen ennakointiin, tai niiden havaitsemiseksi ennen kuin ne aiheuttavat tuotantohäiriöitä. Ennakoivaan kunnossapitoon kuuluu ehkäisevä kunnossapito ja mittaava kunnossapito. Samalla se myös pyrkii estämään yllättäviä vikatilanteita. Ennakoivan kunnossapidon toiminta mallit ovat siirtyneet määräaikaaisista huolloista oikea-aikaisiin huoltoihin. Vikojen esiintymisestä on RCM asiantuntija John Moubray on

todennut seuraavasti omien toimeksiantojensa perusteella. Ennustettavissa olevia vikoja on 10-20 %, oireiden perusteella löydettävissä olevia 30-40 %, ja loput 40 % on vikoja, joita ei voi ennakoita. /12/

6.1.4. Parantava kunnossapito

Parantavassa kunnossapidossa, (Mocifications; (Modernizations): Päämääränä on lisätä Laitteiden suorituskykyä, luotettavuutta, ja turvallisuutta lisäävää toimintaa. Päämäärinä tarkoitus on nostaa tuotantokoneen kapasiteettia modernisoimalla, tai hankkimalla uusi laite, tai kahdentamalla laitteiden osia. Parantava kunnossapito suoritetaan, kun varsinaista vikaa tai vikaantumista ei ole vielä esiintynyt tai tapahtunut, lukuun ottamatta joitakin yli-kuormitustilanteita, kun tuotannon kapasiteettia on pyritty nostamaan. Toimenpiteet suunnitellaan huolella ja varaudutaan tekemään kaikki huoltoseisokkien aikatauluissa.

Parantava kunnossapito tarkoittaa myös yleensä jonkin asteisia investointeja Yleensä parantava kunnossapito vaatii investointeja ja budjetointia, taloudellisiin- ja henkilöresursseihin. Tarkoitus on kohottaa laitteen tuotantotehoa ja vähentää laitteisiin liittyviä riskejä ja alentaa sen kriittisyyttä niiltä osin kuin se on tarkoituksen mukaista toimenpiteillä saataviin hyötyihin nähden.Parantavaan kunnossapitoon, jonka toimenpiteiden tarkoituksena on lisätä kohteen toimintavarmuutta ja kunnossapidettävyyttä. Parantavan kunnossapidon avulla kehitetään koneen, laitteen konstruktio alkuperäistä varmemmaksi.Ennakkohuollot, jotka perustuvat kunnonvalvontaan, voidaan noin 15 % vioista poistaa korjaamalla rakenteita ja parantamalla komponenttien luotettavuutta./13 /

7. KUNNOSSAPIDON KÄSITTEITÄ JA TERMISTÖÄ

Kunnossapidossa on käytössä runsaasti termistöä ja käsitteitä, jotka useissa yhteyksissä sekoittuvat keskenään tai sekoittavat kuulijaansa.

7.1. Käyttövarmuus

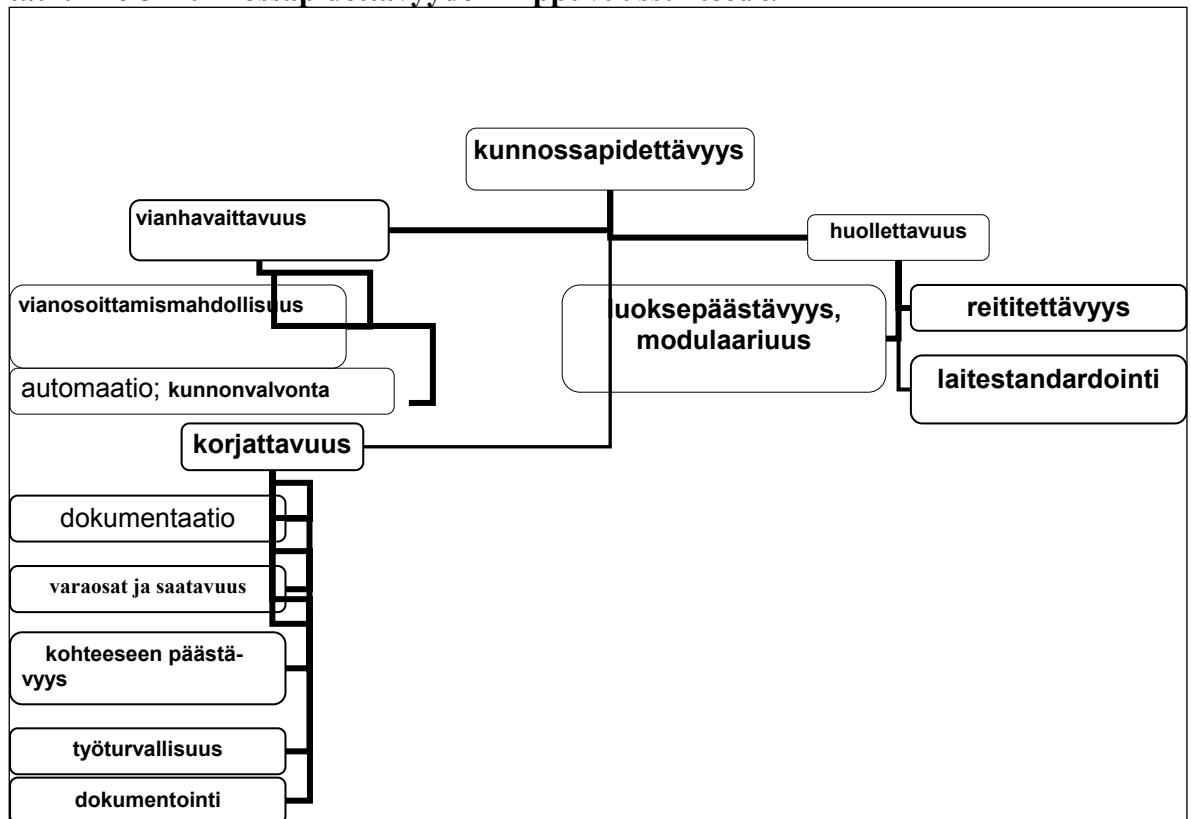
toteutunut tuotanto perustuu tuotantolaitteiden käyttövarmuuteen.

Käyttövarmuus on koneen tai laitteen kyky olla siinä tilassa, että se kykenee suorittamaan vaaditut toiminnot määrättyssä ajanjaksossa. Oletuksena on, että tarvittavat resurssit ovat käytettävissä. Käyttövarmuuden saavuttaminen ja ylläpitäminen on monen osatekijän summa. eri osatekijöiden riippuvuussuhteita on merkitty taulukkoon 3. Riippuvuussuhteet ovat yhteneväisiä J. Järviön kirjan Kunnossapito kaavioiden kanssa.

Toimintavarmuuden suoriutumismääritteet ovat lähes samat käyttövarmuuden kanssa.

Toimintavarmuuden saavuttamisen riippuvuussuhteet ovat konstruktio, rakenteellinen kunnossapidettävyyden, asennus, huolto, käyttö, varmennus.

taulukko 3 Kunnossapidettävyyden riippuvuussuhteet/6/



7.2. Kunnossapidettävyys

Kunnossapidettävyys luonnollisesti lisää käyttövarmuutta. Se lähtee jo suunnittelijan pöydältä; mitä aiemmin siihen kiinnitetään huomiota, sitä suurempi on tehokkuus. Kunnossapidettävyys on huomioitava, jo tarjouspyynnön teossa ja tilattaessa on kiinnitettävä huomiota tuotannon ja kaikkien käytettävissä olevien resurssien tarpeitten mukaan.

7.3. Käytettävyys

Tarkoittaa koneen ja laitteen kykyä olla siinä tilassa, missä se kykenee olemaan. Se on määrätty ajanjakso, missä se suorittaa vaaditun toiminnon tai toiminnot.

7.4. Käyttöaste

Käyttöaste U on käyttötuntien suhde (T_a) vertailtavaan kokonaisajanjaksoon (T). $U = T_a / T$
Prosessiteollisuuden puolella joskus käyttöaste ja käyntiaste sekoittuvat käsitteinä.

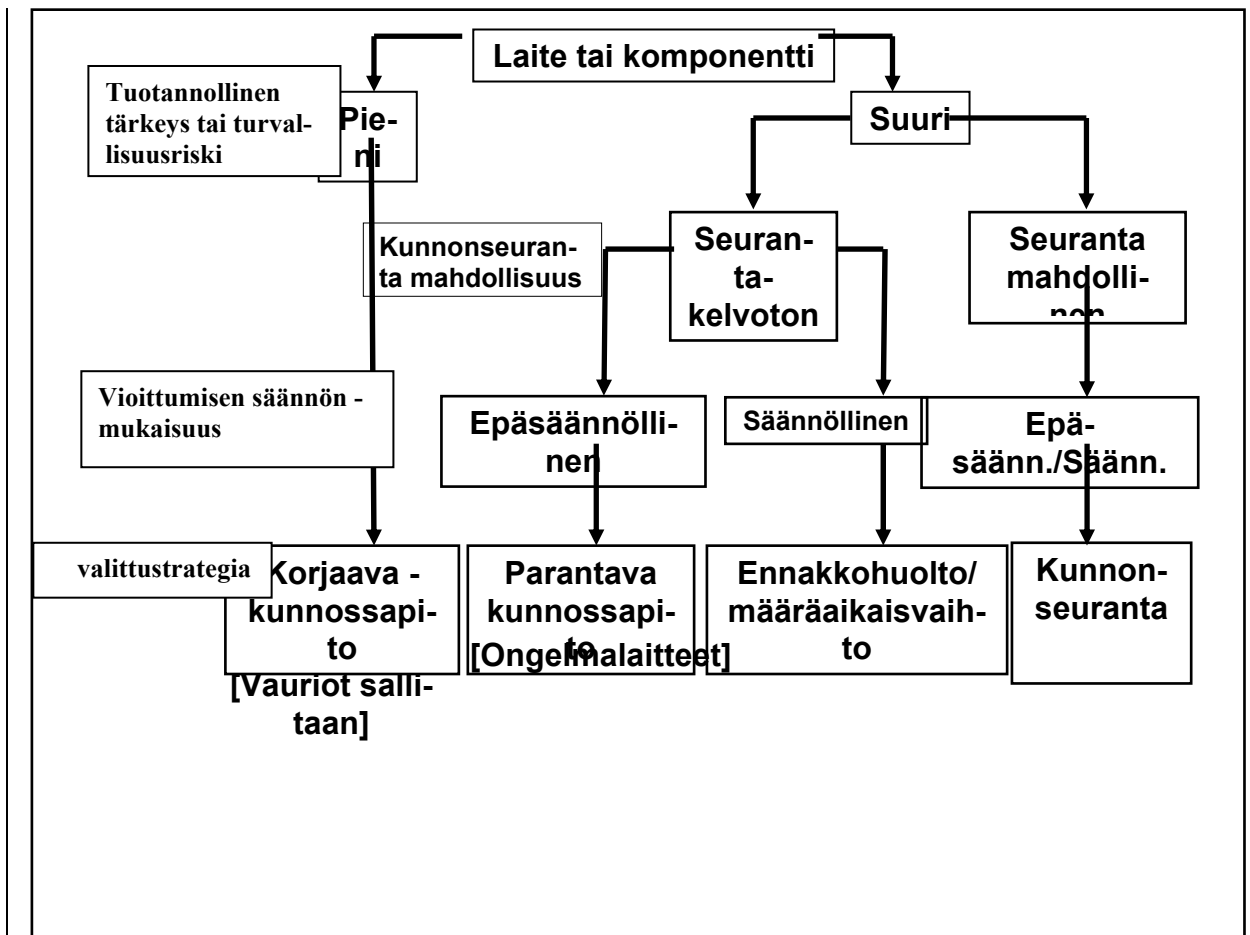
7.5. Käyntiaste

Käyntiaste O on Käyntituntien (T_o) suhde vertailtavaan kokonaisuikaan (T) $O = T_o / T$
Yleensä vertailussa käytettävän kokonaisuika on yksi vuosi 8760h
Samoin sekaantuvat käsitteinä kunnossapito ja käynnissäpito. /7/
Kunnossapidon strategioille on eri valintamenettelyjä. Ensimmäisenä on kunnossapitostrategian valintaan soveltuva taulukko, mitä Maxiflex ohjelmistotalon konsultti Pentti Salmensuu on käyttänyt koulutuksissaan ohjelmassaan. (Taulukko 4) /8/

Käsitteitä vioittuminen ja vikaantuminen käytetään sekaisin kunnossapidon termeissä. Kyseessä lienee alun perin sanojen Fault (vika) ja failure (vikaantuminen) suomennoksista. Laitteen vikaantuminen johtaa laitteen vikaan, jolloin laite on kykenemätön suorittamaan sille määriteltäviä tehtäviä ja vika on laitteen tila, mikä johtuu vikaantumisesta. Hyväksyttävä kriittisyys-tason määrittely tapahtuu yleensä ”näppituntumalla”. Eräänä lähtökohdana tason määrittelylle on myös vikaantumisten aiheuttamat kustannukset ja niistä tehdyt laskelmat. Kustannukset muodostuvat joko laitteen korjauskustannuksista ja seisokin aiheuttamista tuotannon menetyksistä tai, kustannukset voivat perustua myös muista

laitteen toimintakuntoon saattamisesta aiheutuneisiin kustannuksiin, kuten varaosien kustannuksiin, niiden logistisiin varastointi- ja käsittelykuluihin. Käytännön laskennan toimivuuden ja luotettavuuden tason varmentaa käytettävissä olevan ohjelmiston toimivuus ja ohjelmiston oikean muotoinen ja täsmällisesti määritelty käyttö ja vioittumisen yhteydessä tapahtuvista turvallisuus- ja ympäristölle aiheutuvista ja muista vastaavista vahingoista. Järviö käyttää taulukkoa s. 77. Varsinaisessa Osaindeksien laiteluokituksessa oli vähemmän käytettävissä euromääräisiä luokkarajojen laskennan mahdollisuuksia. Järviö käyttää neljän kriittisyyden luokitusastoa, seisokin hinnan mukaan luokitellussa /6/seuraava taulukko (taulukko 5.) on J.Järviön kunnossapitostrategian ja / kunnossapitolajin valintaan soveltuva taulukko. Kyseinen taulukko on sovelias myös RCM-projektin työkaluksi, jos yrityksen järjestelmissä on käytössä mahdollisuus syöttää taulukkoon kerätyt tiedot, toiminnanohjausjärjestelmään.

Taulukko 4 kunnossapitostrategian valinta/8/



Taulukko 5 kunnossapitolajin valinta

Kriittisyys	Laitteen kriittisyys				
	Turvallisuus, ympäristö	Jälleen hankinta-arvo (JHA)			
High mikä tahansa seisokki aiheuttaa yli 100k€ menetykset	<ul style="list-style-type: none"> • jatkuva seuranta • kunnan valvonta • jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi • huolto • monitorointi 	>100k€	10-100k€	1-10k€	1k€
					-huolto -tarkastus -huolto
Medium vaurio aiheuttaa 110-100k€ menetykset	<ul style="list-style-type: none"> • kunnan valvonta • -jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi 				-huolto
		<ul style="list-style-type: none"> • kunnan valvonta • huolto • tarkastus • suunniteltu korjaaminen 			
Low vaurio aiheuttaa -10k€ menetykset					
Non-critical vaurio aiheuttaa alle 1k€ menetykset	<ul style="list-style-type: none"> • kunnan valvonta • huolto • tarkastus • aikataulutettu korjaus 				○ RTF

Kunnossapitolajin valinnan taulukkoa(taulukko 5) J. Järviö käyttää ja opastaa kirjassaan s. 77. Opinnäytetyössä varsinaista Järviön kaavaa ei opinnäytetyön teossa suoraan varsinaisesti käytetty, mutta samaa ajatusta, eli seisokkien kustannuksia arvioimalla oli löydettyvissä lähelle oikeaa ”kipupistettä” olevia arvoja, seisokin hinnan mukaan luokiteltaessa.

/6/seisokin hinta:

H High yli 100 k€

M Medium 10-100 k€

L ow alle 1-10 k€

non critical alle 1k€

koodi:

H

M

L

N

Osaprosessin tai komponentin kriittisyyttä vikaantumisen suhteen Järviö luokittelee riskin perusteella viidellä eri numeroarvolla:/6/

Riski:

Turvallisuus- tai ympäristövahinko

>100k€

riskin koodi:

1

2

10-100 k€	3
1-10 k€	4
alle 1k€	5

Kunnossapitolajien ja kunnossapitostrategioiden nimityksissä on paljon päällekkäisyyksien kaltaisia. Järviö käyttää kirjassaan käsitettä kunnossapitotyypeistä. Ilmiö johtuu hyvin pitkälle eri standardien suomennoksista. Kaipaisikohan kunnossapitoon liittyvät termistöt standardointia täsmällisesti? Termistöjen ja eri käsitteiden päällekkäin käyttö perustuu käyttäjänsä tyyliin ja tapaan ilmaista asioita./16/

Analysoitavat laitteistot ovat hyvin pitkälle normaaleja hinnakuljettimia, erityispiirteinään se, että ne ovat liikkuvia kuljettimia, varustettuna telanvetoasemilla ja kiskoilla liikkuvilla kuljetus- ja purkukytköillä. Laiteluokitus ABC priorisoi kunnossapitotoimenpiteiden työjärjestystä. syöttösuppiloiden osalta, kunnonvalvonnan tuloksista riippuen, niitä tai niiden kulutusosia vaihdetaan jaksotetulla kunnossapidolla ja kuluneisuutta ja kuntoa mitataan ja tarkastetaan säännöllisin väliajoin, koska suppiloiden elinkaari on hyvin pitkälle tiedossa.

8. MAXIMO

Talvivaarassa on käytössä kunnossapidon ja kunnossapidon tunnuslukujen hallintaan Maximo-kunnossapito-ohjelma.

Sigma solutions Oy ohjelmistotalon myymä ja edustama prosessiteollisuuden kunnossapito-ohjelma MAXIMO® MXES on uuden sukupolven ratkaisu, jolla voidaan yhdistää kaikki yrityksen kunnossapidon kohteet eli investoinnit ja kalustot (laitteet, koneet, ajoneuvot, IT- laitteet, rakennukset jne.) samaan järjestelmään ja tietokantaan.

MXES- ohjelmistolla ja tietojen yhdistämisellä voidaan tehostaa huomattavasti kalustotietojen hallinnointia ja keskittää kunnossapito niihin kohteisiin, joilla on suurin merkitys yrityksen tulon muodostukseen. Ohjelmisto mahdollistaa skaalautuvuuden ja tehokkuuden ansiosta globaalisti toimiville yrityksille mahdollistaen keskitetyn järjestelmähallinnan ja toiminnan useissa maissa eri kieli- ja valuutta-alueilla, mahdollistaa keskitetyn laitteiden hallinnan, töiden hallinnan, materiaalihallinnan (mm. ostotoiminnot) sekä erityyppisten hankinta- tai palvelusopimusten hallinnan./12/

Usein huomio kohdistuu vain tuotannon menetyksen osaindeksiin ja on kaikkien toimenpiteitten ohjaavana tekijänä. Kyseisen ohjelman ominaisuuksiin kuuluu ennakkohuoltotöiden ja kunnossapitotoimenpiteiden reititettävyyys, ja tehtävien priorisoinnille on laadittavissa hierarkkinen työjärjestys laadittujen suunnitelmien mukaisesti. Tehtävät voidaan kuitata myös ryhmäkuittauksena suorittamisten jälkeen ilman monimutkaisia useiden työmääräysdokumenttien avaamisia. /12 /

9. TYÖN SUORITUS

9.1. Laitteiden hierarkia

Analyysin pohjat luotiin Excel-taulukkoon täysin PSK 6800 -standardin mukaisin kaavoin ja sen mukaisella layoutilla. Ennen laskentataulukon luomista oli laadittava käyttöpaikkahierarkian periaatteiden mukainen laitetaulukko malmin primäärिकासan läjityksessä olevasta toiminnallisesta laitteistoista ja niiden käyttöpaikkahierarkkisesta positioinnista. Hierarkiataulukoiden layout ovat laadittu samoille peruseriaatteille ja layoutille kuin Maximon tietokannasta otettavat käyttöpaikkahierarkia ja positioinnin taulukot asettuvat Exceliin. Tämän vuoksi tehdyt taulukot ovat suoraan mahdollisia ajaa suoraan tietokantaan. Laitteidenhierarkian ja siinä määritellyn positioinnin tarkoitus on helpottaa kunnossapidon suunnittelua, koska kunnossapitotoiminnassa uudet laitteet tai laitteiden varaosat hankitaan yleensä suoraan tietojärjestelmässä olevien laitepositioiden ja laitetietojen perusteella.

9.2. Taulukoiden laatiminen

Taulukoiden laatimisessa laitteet tulivat myös prosessihierarkkiseen järjestykseen. Laitteiston ulkopuolelle rajattiin Stacking pile conveyor; KUL3610001, joka on käytännössä 2.4 km pitkä perushihnakuuljetin kahdella vetoasemalla ja ripekuljettimella. Kuljettimen toiminnallisten laitteiden listaaminen olisi vaatinut jalkautumista kuljettimen ääreen, mikä myös on perusteena rajaukselle. Kriittisyyden analysointi suoritettiin PSK 6800 -standardin mukaisesti; kyseinen taulukko on esitetty (liitteessä 1). Saman taulukon sarakkeessa Description on myös nähtävissä edellisessä luvussa mainittu laitteiden käyttöpaikkahierarkia ja PSK-6800standardin toimintopaikannimitys ja sarakkeessa toimintopaikan tunniste, joiden taulukkokuodottulivat samalla laadituksi myös Exceliin. Kvalitatiivisen analyysin pohjana oli SFS 5438 -standardi. Kyseisen Standardin taulukko muoto tehtiin Wordiin, koska silloin taulukko pysyy paremmin luettavana kuin Excelin luotuna. Taulukko on esitetty havainnollisemmin (Liitteessä 3.). Standardissa pyritään vikamuotojen tunnistamiseen ja vioittumisen mahdollisimman varhaiseen havaitsemiseen ja niiden kirjaamiseen taulukkoon. Eräänä tähtäimenä oli analyysissäni myös kokonaiskriittisyyden alentaminen. Samalla liitettiin tilaa sarakkeisiin vian havaitsemiselle ja parannusehdotuksille ja niitä mahdollisia toimenpiteitä, jotka voisivat lyhentää vikaväliä ja alentaa turvallisuuden ja korjattavuuden osaindeksejä ja niiden kriittisyysluokkaa.

Kvalitatiivisen analyysin perimmäisenä tarkoituksena oli ennakkohuoltosuunnitelmien päivittäminen ja kunnossapidon kustannusten ja toimenpiteitten kohdistaminen täsmällisesti, sekä ajallisesti, että laadullisesti. Asiaa mutkisti kaivoksella vierailun järjestämisen ja matkustamisen hankaluudet. PSK 6800 mukaisessa kvantitatiivisessä analyysissä ja taulukoiden luomisessa tähtäimenä oli laitteiden luokkien määrittäminen ja kaikkein kriittisim-

pien laitteiden tunnistaminen taulukoita laatimisessa Tällöin myös kriittisyydestä luotu taulukko on mahdollista ladata Maximon laitetietokantaan. Kumpikaan VVKA: tekemiseen hyväksi käytetty standardi ei varsinaisesti erikseen ota esille tai painota turvallisuus näkökohtia.

10. KRIITTISYYDEN ARVIOINTI

Analysoitavilla kokonaisuudella ei ole järjestettävissä lyhyellä aikavälillä korvaavia laitteita tai laitteistoja, joten mahdollisissa laajemmissa tai pahemmissa vikatilanteissa tuotannollisia menetyksiä ei ole pienennettävissä korvaavilla järjestelmillä, vaikkakin kasausta voidaan suorittaa kauhakuormaajilla ja kaivinkoneilla. Niillä kasasta tulee helposti pakkautunut, jolloin liuotus neste kanavoituu ja lammikoituu ja muodostaa kasaan kuolleita alueita.

Laitteistojenkriittisyyttä analysoidessa oli erityisen tärkeää ottaa huomioon, että kyse on nimenomaisesti Talvivaaran kaivoksen malmin tuotannosta ja liuotus kasan kokoamisessa käytettävästä laitteistosta. Painoarvojen kertoimissa oli käytössä pieni muutos yleisesti PSK 6800:ssa käytettyihin, missä määritellyt ovat pääsääntöisesti vain suuntaa antavia. Niitä yleensä muutetaan, laitoskohtaisesti, määritettäessä analyysin tavoitetta ja laitosten tuotannon ja toiminnan mukaan.

Eräässä keskustelussa Timo Ikäheimosen kanssa tulimme tulokseen, että laitteiden turvallisuuden ja niiden parantaminen olisi myös tärkeä huomioonotettava seikka analyysiä tehtäessä. Siinä tapauksessa turvallisuuden osaindeksin perusteella laadittu laiteluokittelu olisi selkein ratkaisu.

10.1. Laiteluokitus

Laiteluokituksessa tarkoituksena on määrittää jokaiselle laitepaikalle sen kunnossapidon kriittisyysluokka niissä ilmenevien vikojen perusteella.

Talvivaarassa on käytössä yleisin tapa jakaa laitteet kolmeen luokkaan, eli A;B;C. Analyysissä käytettiin kyseistä yleisintä laitteiden luokitus tapaa kolmeen luokkaan. toiminnalliset laitteet täytyi järjestää, laitteet taulukkoon käyttöpaikkahierarkian mukaiseen järjestykseen kunnossapidon suunnittelun ja kohdistamisen helpottamiseksi. Samalla taulukoinnilla laitteille tuli prosessihierarkian periaatteiden mukainen järjestys. Kaivokselle tehty looginen positioinnin periaate mahdollisti tämän. Laitteiden luokitustapaa eli laitteiden jakoa kolmeen laiteluokkaan kriittisyytensä mukaan. Standardi 5438 ja sen mallitaulukko jakaa laitteet ovat neljään laiteluokkaan.

Laitteen tai laitteistojen osaindeksin suuruudesta tuli laitteelle oma laiteluokitus yksittäisen osaindeksin suuruuden mukaan, myös kolmeen luokkaan. Tällöin voidaan ottaa katselmukseen tehdäänkö laitteelle tai osaprosessille VVA Kvalitatiivisesti ja onko laitteelle tai laitteille ja osaprosessille syytä tehdä luotettavuuskeskeinen kunnossapitosuunnitelma eli RCM. Lukuisissa keskusteluissa Kriittisyyttä analysoineitten henkilöitten kanssa kukaan heistä ei tietänyt kertoa, mihin osaindeksejä tulisi käyttää ja missä niitä voisi käyttää SFS 5438-Standardin taulukkomuoto on erittäin käyttökelpoinen työkalu, parannus,- ja muu-

tosehdotuksineen. Samaan sarakkeeseen on helposti linkitettävissä PSK 6800 mukaan laaditusta taulukosta vikavälin luku, joka kuvaa hyvin vikojen esiintymistiheyttä.

Työn alussa ja tehtävän etenemiseksi oli tarkoituksen mukaista perehtyä kriittisyyden analysoinneissa käytettävään standardiin, eli PSK 6800.

Laiteluokitusten valmistuttua ja tilaajan tarpeen täsmennyttyä eri käyttönäkökulmaan, tutustumisen ja perehtymisen arvoiseksi kohteeksi, nousi SFS 5438 standardi.

Samalla oli myös tarkoituksenmukaista haastatella ja keskustella myös yleisellä tasolla T&K-osastolla työskentelevien monessa liemessä keitettyjen kunnossapidon ja myös kairannaisteollisuuden ja yleisesti kriittisyyden analysoinnin ammattilaisten kanssa

Opinnäytetyössä varsinaista Järviön kaavaa ei käytetty, mutta samaa ajatusta, eli seisokkien kustannuksia arvioimalla oli löydettävissä lähelle oikeaa ”kipupistettä” olevia arvoja. Osaindeksien laiteluokituksessa oli vähemmän käytettävissä euromääräisiä luokkarajojen laskennan mahdollisuuksia. Järviö käyttää neljän kriittisyyden luokitusarvoa seisokin hinnan mukaan.

10.2. Analysointitehtävän muutos

Kriittisyyksien arvioinnin tultua valmiiksi laiteluokituksineen eräässä keskustelussa Timo Ikäheimonen kertoi, haluavansa muuttaa analysoinnin muotoa ja tavoitetta. Pohjana tulisi pikemminkin olla SFS 5438 Standardi ja sen VVA-osio. Kyseisessä standardissa on vika-
muotojen ja niiden vaikutusten etsintä eri laitteille. Laitteiden komponentteja ei ollut tarkoitus käydä analysoimaan. Vioittumistapauksissa ja niiden vaikutuksissa, analyysiin tuli väistämättä otettavaksi mukaan kunkin laitteiston ilmeisimmin kriittisiä laitteita.

Analyysissä huomioitiin PSK6800 mukaiset kriittisyyksien osat ja myös tuotantoprosessin erityispiirteitä.

10.2.1. Turvallisuus

Talvivaaran kaikki malminkäsittely laitteet ovat CE- merkittyjä, joten niiden valmistaja vastuulla olevat turvallisuusnäkökohdat on huomioitu jo suunnittelu - ja hankintavaiheessa ja näin ollen ne ovat EU-standardien mukaisia myös ympäristöseikat huomioon ottaen. CE- merkinnät eivät kuitenkaan suo mahdollisuutta tuudittautua tai piiloutua sen taakse tai suojaan. Talvivaarassa toiminnan laatu ja määrä edellytti erittäin monipuolisen konekantansa vuoksi erityistä paneutumista myös turvallisuusnäkökohtiin.

10.2.2. Laatu

Malmintuotantoprosessinlopputuotteen laatu ei viime kädessä juurikaan vaikuta lopputuotteen laatuun. Malminkäsittelyn tertiäärimurskauksessa malmirakeen muodolla ja koolla ja laadulla on vaikutusta tuotannon pitemmän aikavälin metallien liukenemisen kokonaismäärään. Koska tämän opinnäytteen analyysin kohteessa tuotetaan tehdystä malmista oikean rakenteista liotuskasaa, laadun kriittisyyden todellinen painoarvo ei ole merkittävän

suuri, koska laatuksiteerit nousevat merkittävämpään osaan vasta metallien talteenotossa ja fokkulantin prosessoinnissa. Täsmennyksenä tähän, että malmintuotannon päätuotehan on oikean muotoinen ja oikean kokoinen malmirae, rakenteeltaan oikein kasatussa liuotuskasassa. Niiden merkitys on hivenen suurempi metallien liukenevuuden ja liuotusprosessin onnistumisessa.

10.2.3. Korjattavuus

Talvivaarassa malminkasauslaitteiston korjattavuusindeksiin vaikuttaminen ei kaikin paikoin ole mahdollista. Olosuhteet huoltojen ja korjausten Kannalta, suorittaja ovat joka tapauksessa vallitsevan säiden armoilla. Rakenteelliset muutosratkaisut voivat tulla joissakin tapauksissa kysymykseen vaihdettavuuden ja luokse päästävyuden helpottamiseksi. Samoilla ratkaisuilla voidaan vaikuttaa jonkin verran, kyseisten työvaiheiden työturvallisuuteen ja hieman käytön turvallisuuteen. Suunniteltaviin suurempiin muutosratkaisuihin on saatava valmistajan Fam:in hyväksyntä, ettei muutoksilla ole vaikutusta takuujärjestelmään ja takuujärjestelmän kattavuuteen.

10.2.4. Tuotanto

Malmintuotannon riskin todellista vaikutusta lopulliseen tuottavuuteen lyhyissä tuotantokatkoksissa ja niiden taloudellista hintaa on näin ollen erittäin vaikea määrittää laskettaessa lyhyen tuotannon seisokin aiheuttamia tuotannonmenetyskustannuksia. Kyseisistä summista tulee hyvin pitkälle vain teoreettisia., mutta hyvin suuntaa antavia, koska tuotannonmenetys tulee havaittavaksi vasta n. 500:n primääriliuotusvuorokauden kuluttua, jos nopeasti silloinkaan.

10.2.5. Ympäristö

Talvivaaran tuotanto sisältää runsaasti ympäristöön ja sen turvallisuuteen liittyviä tekijöitä. Vaikka malmintuotanto ja kasan rakentaminen ei aiheuta kovinkaan merkittäviä riskejä ympäristölle. Kasan rakentamisessa on olennaista, että kasan pohjalle sijoitettavat materiaalit, ovat ehyitä ja oikein laitettu. Huomioitava on myös tuotantolaitteissa käytettävää hydraulikka ja tekniikan jäähdytyslaitteissa oleva öljy. Huomion kiinnittäminen kyseisiin seikkoihin oli myös todella aiheellista, sillä viranomaismääräysten täyttäminen, eli ympäristölupaehojen ylläpitäminen vaatii erityispaneutumista. ympäristöselvityksessä on määritelty lähiympäristöstä mm. 15 pölylaskeumienmittauspistettä melun ja maan tärähtelyjen mittaukseen kahdeksan mittaus pistettä. metallipitoisuuksia tutkitaan vesikasveista kaloista pohja eliöstöstä, tutkitaan pinta- ja pohjavesistä 14 kaivosta ja kaikista lähistön useasta eri Lammista, kolmesta järvestä ja niiden luusuoista. Raskasmetalleja mitataan ympäristöluvassa määritellyiltä maa-alueilta muun muassa kangasrouskuista kekomuurahaisista ja lepakoista. Kerrotut esimerkit ovat vain pienehkö osa kokonaistarkkailujen tarpeesta, mitä ympäristöluvan ehtoihin sisältyy. Pölyleijumien ja raskasmetallilaskeumien alhaalla pitäminen on malmintuotannon pölynpoistojärjestelmien toiminnan varassa. liuotuskasan rakentamisen yhteydessä ei ole yhtään pölynpoistojärjestelmää, sillä pienet partikkelithan

sidotaan malmirakeisiin happoliuoksella agglomeroinnissa. Valumavedet kasalla liittyvät normaaliin liuos kiertoon. Malmintuotannossa, kuten esimerkiksi Malmin välivarastoon tulevat valuma- ja suotovedet kerätään talteen ja käytetään hyödyksi prosessissa. Suurimmat ympäristöriskit ovat malmintuotannon pölynpoisto järjestelmissä ja metallientalteenoton prosesseissa ja liuoskierronjärjestelmässä ja vesien käsittelyn yhteydessä. Vaikka ympäristön painoarvo on kriittisyysluokittelussa 10, se ei tarkoita sitä, että asiaa olisi vähätelty. Pikemmin pääpainot ja erityinen kontrolli ovat muissa ympäristöä vaarantavissa kohdissa.

10.3. Kertoimet

10.3.1. Painoarvot

Painoarvot, joita käytettiin kriittisyysien laskennassa tuotannossa, löytyvät taulukosta 6.

.

Taulukko6. Analyysissä käytetyt tuotannon painoarvot

	Painoarvot:
Turvallisuus	40
Ympäristö	10
Tuotannonmenetys	100
Laatukustannus	10
Korjattavuus	40

10.3.2. Vikavälit

Vikavälien määrittely perustui analyysissä varsin lyhyestä Talvivaaran kunnossapidon vikaistoriasta ja Maximon tietokannasta ajettuun vikailmoitus- ja kunnossapitotyötilausten taulukkoon. Osa perustui kokeneiden kunnossapidon parissa työskennelleiden haastatteluihin. varsinaisiin käyttäjäoperaattoreiden haastatteluihin ei juuri ollut mahdollisuuksia. jo opinnäytetyön alkusanoissa mainitsemieni seikkojen vuoksi. myös laitevalmistajien antamiin tietoihin tuli suhtautua skeptisesti, etteivät vikavälit perustuisi pelkästään toiveajatteluun, vaan johonkin kokemuspohjaiseen tietoon. VVA:n vikamuotojenmäärittely sujui samalla taulukolla. Valmistajien määrittelemät MTBF-arvot ovat usein summittaisia ennusteita. Useat MTBF ajat ovat varsin epätarkkoja, mikä johtaa monimutkaisissa järjestelmissä hyvin epäluotettavaan käyttöikäennusteeseen. Usein MTBF lukujen käyttö johtaa ajatteluun, että on olemassa hyväksytty vikaantumistaajuus, jolloin ei enää välttämättä haluta etsiä vikojen todellista syytä. /13/

Niissä tapauksissa, kun laitteen vikaantumisväli on lyhyehkö, On hyvä arvioida, onko saatavilla luotettavaa vikaantumishistoriaa kunnossapidontietokannoista. Tällöin on mahdollisuus määrittellä komponenttien MTBF ja varaosien varastoimistarve ja niiden hankintasykkit. Kokemusperäinen tieto ja historia, varaosien pitkä vikaväli vähentää varaosien varastointitarvetta ja helpottaa varaston kiertonopeuden arvioimista.

10.3.3. Seisokkien kertoimet

Kriittisyyksien laskennassa käytettävät kertoimet, eli vikavälien ja vikaantumisen aiheuttamat tuotannon menetysten seisokkipituuksien jne. kertoimet olivat aivan PSK-6800mukaisia. Malmintuotannon mukaisen tuotannon määrä ja laatu eivät antaneet aihetta peukaloida varsinaisia kertoimia. Talvivaarassa jo aiemmin tehtyjen kriittisyyksien analyysissä oli käytetty samoja kertoimia. Kiusaus kertoimien peukalointiin oli suuri. Puhe-
linkeskusteluissa Timo Ikäheimosen kanssa tulimme molemmat samaan johtopäätökseen: samoilla ja peukaloimattomilla kertoimilla ovat eri analyysien kriittisyysindeksit keskenään täysin vertailukelpoisia. Varsinkin, jos kertoimia muutellaan ja tehdään numeroarvoiltaan nk. siistimpiä taulukoita, vesitty kunnossapidon kustannustenhallinta, jos kriittisyysindeksiä tai osaindeksejä käytetään tuotannonmenetyksen laskennan parametreina.

Kertoimien muuttaminen, varsinkin pienentäminen tulee helposti suuren houkutuskohteeksi. Jos kertoimia muutellaan, täytyy vanhemmat VVKA:t ajaa läpi samoilla kertoimilla kuin uudet, että nähdään muuttuisiko aiemmin suoritettu laiteluokitus ja niiden tarpeet toimenpiteitä silmällä pitäen.

Kaikissa tutustumissani kriittisyysanalyysissä on kertoimia muutettu. Tämän opinnäytteen yhteydessä analysoitu malmintuotanto ei antanut mitään erityistä syytä käydä muuttamankäytettäviä kertoimia. Jo aiemmin mainitun vertailukelpoisuuden säilyttämiseksi, aikaisemmin tehtyjen analyysien kanssa.

Kertoimien muuttelu on ilmeistä jokaisen tuotantolaitoksen tarpeiden ja tuotannon mukaan. Riskinä lienee kiusaus peukaloida kertoimia kriittisyyksien ja muiden numeroiden siisteyden vuoksi. Kertoimien arvon tarkastaminen on usein aiheellista. Kohteesta riippuen vaihteluvälit 0-4 tai 0-16 luovat taulukkoon liian helposti, lopullisia laskelmia vääristäviä lukuja, kriittisyyden määrittämiseksi. Kaikkien osaindeksien kuin myös kokonaisindeksin pienentämisen yhtenä olennaisena päämääränä on joka tapauksessa täyden tuotantokyvyn ylläpitäminen.

10.4. Käytetyt standardit

Molemmissa käyttämissä standardeissa päämäärä on viime kädessä täysin yhtäläinen, eli laitteen pitäminen tuotantokapasiteetiltaan niissä tuotantomäärissä ja laadussa, mihin se on suunniteltu ja hankittu.

10.4.1. PSK6800

PSK 6800 on yleisin luotettavuuden analysointimenetelmä kriittisyyksien suhteen ja varsinkin laiteluokitusten suoraviivaisuuden vuoksi. Lukuisissa keskusteluissa analyysijä tehneitten henkilöitten kanssa ja tutkittuani Kriittisyys analyysistä tehtyjä opinnäytetöitä

käytetyimpänä ja lähes ainoana käytettynä tyylinä on ollut PSK 6800 Standardi ja sen hyväksikäyttö kriittisyyden määrittämisessä ja laitteiden luokittelussa. Laite luokittelujen jälkeen marssijärjestyksessä vaikutti olleen laite- ja komponenttitason analyysiin vikojen syntymisestä ja niiden vaikutuksista tai varsinaiseen juurisyyanalyysiin. Yleensä analyysin kulku on kriittisyyksien luokitus valitulla tasolla ja luokitusten jälkeen on VVA:n vuoro vikojen, eli niiden vaikutusten ja syntymissyiden analysointi. PSK:n taulukko on yksinkertainen päivittää ja samalla käyttää hyväkseen Excelin ominaisuuksia, värjättyjen solujen ja uudempien versioiden värjättyjen solujen pikasuodatusominaisuutta.

10.4.2. SFS5438

Analysoitaessa laitteita PSK6800s:sta laskettujen riskien osaindeksien perusteella on SFS5438-Standardin taulukkomuoto erittäin käyttökelpoinen työkalu, parannus- ja muutosehdotuksineen ja mahdollisesti ”Malli Mäen” mukaisella lisäsarakeella kunnossapitotoimenpiteelle. SFS 5438 on suoraviivaisempi analysoinnin työkalu. Siinä varsinainen kriittisyyden taso on vaikeaselkoisempi määrittää kuin PSK6800 taulukossa. PSK:n taulukko on yksinkertaisempi päivittää. Siinä tapauksessa, jos VVA on tehty 5438 Standardin avulla ja linkitetty PSK- taulukkoon, päivittyvät tiedot automaattisesti avattaessa, paitsi vikamuotojen suhteen. Standardi 5438:n mallitaulukossa laitteet ovat määriteltynä neljään laiteluokkaan, mutta se ei alenna sen käytettävyyttä ja käyttökelpoisuutta, vaikka määritelmänä olisi kolmen laiteluokan analyysi.

Laitteiden kriittisyyttä analysoitiin kahden standardin PSK6800 ja SFS 5438 avulla SFS:n laaditussa käytettiin hyväksi PSK 6800:sta saatuja tuloksia ja analyysiin ja vikamuotojen etsintään liitettiin mukaan vain ne kasausketjun toiminnalliset laitteet, jotka ovat kriittisyydeltään laiteluokassa A. Molempien käytettyjen standardien päämäärät ovat kuitenkin samat, eli laitteiden tuotantokyvyn ja luotettavuuden ylläpitäminen. Kokonaiskriittisyyden määrä on osaindeksien summa, siksi analysoidavien laitteiden osaindeksien määrä antaa hyvän suunnan, millä näkökulmalla kriittisyyksiä käydään arvioimaan ja millaisia toimenpiteitä on tarpeellista käydä suunnittelemaan. Usein huomio kohdistuu vain tuotannon menetyksen osaindeksiin ja on kaikkien toimenpiteiden ohjaavana tekijänä.

Osaindeksien analysoinneissa olen ottanut huomioon ja käyttänyt Talvivaaran kohteen kannalta aivan erityistyypisensä ja aivan omanmuotoinen ja erikoinen tuotanto. Lukuisissa keskusteluissa Kriittisyyttä analysoineitten henkilöitten kanssa, kukaan heistä ei tietänyt kertoa, mihin osaindeksejä tulisi käyttää ja kuinka niitä voisi käyttää. Jos käydään analysoimaan osaindeksejä erikseen, tulee väistämättä vastaan se tosiseikka, että työ laajenee ja hajoaa usein moniin pieniin osiin ja analyysin onnistumiseen vaikuttaa, kuinka tiukalla aikataululla työ on suoritettava ja kuinka paljon asiantuntevia resursseja on yleensä käytettävissä. Toiminnallisen laitetason analysoinnissa huomio kiinnittyi siihen, että pitäisi pystyä laatimaan juurisyyanalyysit vikamuotojen lisäksi. Analyysissä eräs väistämätön vastaan tuleva seikka on kriittisimpien osajärjestelmän komponenttien vioittumisen määrittely ja jonkin asteinen juurisyyden analysointi. Juurisyyanalyysin perusteena on vähintään

yhden tai useamman konkreettisen vikaantumisen perusteen löytäminen Tärkeämpää oli tunnistaa sellaisen vikamuodon ja syyn löytäminen, joka aiheuttaa laitteen totaalisen vikaantumisen.

Standardissa olevan taulukkoon tehtiin sellainen poikkeus, että sarakkeeseen laiteluokitus linkitettiin varsinaisesta PSK6800-taulukosta siihen määriteltykriittisyysindeksi ja luokitus sillä, oli A-luokka.

10.5. Ennakkohuoltosuunnitelmat

Lähes kaikille analyysissä olleille laitteistoille on Talvivaarassa määritelty ennakkohuolto- tehtäviä Maximon tietokantaan. Useimmiten ennakkohuollot käsittävät tavanomaisimpia ennakkohuoltotehtäviä, kuten rasvaukset ja öljymäärien tarkastukset ja lisäykset kuntotarkastukset laitteistojen toiminnallisille ja kuluville komponenteille. Ennakkohuoltojen määrän laadun ja suoritusaikavälit on käytännössä määritelty valmistajien määräysten ja kauppasopimuksiin kirjattujen takuehtojen puitteissa. Takuehdot sitovat usein runsaasti ennakkohuoltosuunnitelmien laatimista ja kunnossapitoryhmien toimenpiteitä. Turvallisuuden osaindeksin lisääminen perustui siihen, että taulukossa olevaan sarakkeeseen korjaus ja parannusehdotuksia oli siinä tapauksessa soveliasta lisätä niitä toimenpiteitä, jotka ovat ilmeisesti myös tuotannollisten näkökohtien lisäksi turvallisuutta lisääviä ja työtaturmia vähenemiseen vaikuttavia asioita. Helpoimpana ratkaisuna olisi ollut kirjoittaa jokaiselle turvallisuuden A-luokan laitteelle riskianalyysi, mutta konkreettiset ratkaisuehdotukset ovat asiaa paremmin edistävät kuin yleispätevät itsestäänselvyydet. Tätä turvallisuuden määrittystä ei ole määritelty standardissa 5438, kuten ei muitakaan viitteitä kyseisen tyyppisissä tilanteissa tai tapauksissa. Kiellettyäkään sitä ei ole kaiketi käyttä, jos toimenpide-ehdotuksella voidaan pienentää jotakin osaindeksijä, mitkä ovat poikkeuksellisen korkeita, ja myös analyysin käytettävyys pysyy yllä.

Analyysin kohteena olevat laitteistot ovat hyvin pitkälle tyypillisiä hihnakuuljettimia ja täyttävät niiltä osin niiden perustunnusmerkistöt kriittisimmiltä osiltaan. Ne, mitkä ovat poikkeavia laitteistoja, eivät ole vertailukelpoisia minkään yleisesti tunnetun laitteiston kanssa. Poikkeavat osat, kuten purkuvaunut ja telanvetoasemat ovat toiminnoiltaan ja peruspiirteiltään tavallisuudesta täysin poikkeavia. Ne vaativat aivan uuden tyyppisen näkökulman vikamuotojen tunnistamiseen.

10.5.1. Kuntotarkastukset

Kunnon tarkkailuissa eräs pääpaino on mekaanisen kulumisen lisäksi tutkia, onko hienojakoinen kiviaines päässyt tunkeutumaan pyöriviin ja kuluviin osiin ja näin aiheuttanut normaalia suurempaa ennen aikaista kulumista. Muut kuntotarkastukset ovat kohdistettu kohteisiin, joiden tiedetään kuluvan ja olevan malmin jatkuvan kulutuksen kohteena, kuten hihnojen kaavarit ja syöttösuppiloiden kulutuslevyt. Osa kuntotarkastuksista on tehtävissä käynnin aikana. Osa kunnonvalvonnasta suoritetaan aistinvaraisesti ja osa tapahtuu automaation välityksellä. Lämpeneviä kohteita lämpökuvataan säännöllisin väliajoin. Osien kulumisen edistyminen täytyy yleensä käydä erikseen mittaamassa.

10.5.2. Seisokkityöt

Seisokkitöinä tehdään jaksotetut ja siirretyt kunnostukset sekä tarpeelliset ja aikataulullisesti mahdolliset muutostyöt ja modernisoinnit.

11. VVA

Analyysissä on sisältönä yleensä vikapuuanalyysi, juurisyyanalyysi. Analyysin tarkoituksena on materiaali-, laitevikojen ja suunnitteluvirheiden tunnistaminen. Vikoja etsitään myös tuotteesta prosessista ja organisaatiosta. Eli kyseisessä riskianalyysissä tutkimisen kohteena on vioittumisen aiheuttama vakavuus-todennäköisyys, esiintymistodennäköisyys ja havaittavuuden todennäköisyys. VVA:n perusteella on mahdollisuus käydä lyhentämään vikavälejä ja nostamaan laitteiston luotettavuutta, käyttöastetta ja helpottaa ennakkohuoltosuunnitelmien päivityksiä. VVA:n laadintaan on olemassa useita eri malleja. Kaikki ovat pääpiirteiltään samanlaisia ja perusajatus on sama. Eri taulukkomallin valintaan vaikuttaa, millä tasolla analyysiä suoritetaan, osajärjestelmä vai laite- tai komponenttitasolla. Mallin valintaan vaikuttaa tekijän ja tilaajan tarpeet. Vika- vaikutusanalyysi on hyödyllinen analyysi myös tuotekehityksessä, jolloin arvioidaan myös vikojen kriittisyys. Tällöin analyysissä tunnistetaan kohteen viat vikamuodot ja vioittumisen seuraukset. VVA on käyttökelpoinen myös tuotannon ja tuotteiden laatusuunnittelussa. VVKA:a käytetään myös työkaluna, tai osaprosessina tuotekehitysprosessissa, joskin usein räätälöityinä. asia selkenee taulukossa 7

Taulukko 8 on Jyväskylän ammattikorkeakoulun Kunnossapidon yliopettajan Kari M. Mäen soveltama malli. Mallissa on sarake suoraan ehdotuksia ennakkohuoltoimenpiteille, ja omat sarakkeensa vioittumisen esiintymistodennäköisyydelle ja toimenpiteiden ja niiden jaksotukselle. /9/ Taulukko on hyvin pitkälle nk. Malli Smith.

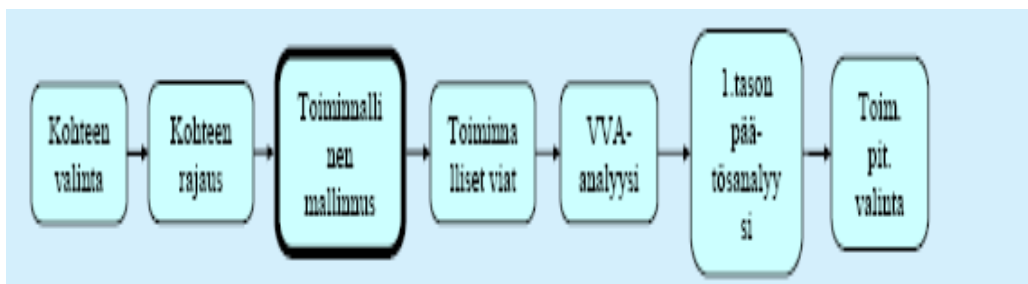
Taulukko 7 Laitetoimittajien käyttämä VVA- taulukko/9/

VIKA VAIKUTUS ANALYYSI (VVA)										
Tehdas:		pvm:			Laatija:	<u>Malli Laitetoimittaja</u>				
Osaprosessi										
Kohde:										
Toiminto	Komponentti / Toiminnallinen kokonaisuus	Vika		Vian vaikutus	Ehkäisevät toimenpiteet	Korjaavat toimenpiteet	MTTR [h]	MDT [h]	MTBF [a]	Huom
		Ilmeneminen	Vian syy							
Tämä on ollut laitetoimittajien käytössä RCM-tyyppisissä analyysissä										

Kriittisyyden analysoinnin suoritin PSK 6800 -standardin mukaisesti. Kvalitatiivisen analyysin pohjana oli SFS 5438 -standardi. Standardissa pyritään vikamuotojen tunnistamiseen ja vioittumisen mahdollisimman varhaiseen havaitsemiseen. Eräänä tähtäimenä analyysissäni oli myös kokonaiskriittisyyden alentaminen. Samalla liitin sarakkeisiin vian havaitsemiselle ja parannusehdotuksiin niitä mahdollisia toimenpiteitä, jotka voisivat lyhentää vikaväliä, mikä alentaa turvallisuuden ja korjattavuuden osaindeksejä ja niiden kriittisyysluokkaa.

Kvalitatiivisen analyysin perimmäisenä tarkoituksena oli ennakkohuoltosuunnitelmien päivittäminen ja kunnossapidon kustannusten ja toimenpiteitten kohdistaminen täsmällisesti, sekä ajallisesti että laadullisesti. Asiaa mutkisti kaivoksella vierailun järjestämisen ja matkustamisen hankaluudet. PSK 6800 mukaisessa kvantitatiivisessa analyysissä ja taulukoiden luomisessa tähtäimenä oli laitteiden luokkien määrittäminen ja kaikkein kriittisimpien laitteiden tunnistaminen. RCM:n laatimiseen on markkinoilla useita eri ohjelmia. Näistä mainittakoon mm. kotimainen Elmas. RCM-prosessiin on A. Smithin RCM- prosessista ja sen kehityksestä luotu erittäin yksinkertaistettu kaavio (kuva 8)./17/

Kuva 3 yksin kertaistettu RCMprosessin kulku/17/



12. OSAINDEKSIEN TARKASTELU LAITELUOKKIEN MÄÄRITTÄMISESSÄ

12.1. Kriittisyyden osaindeksien keskiarvojen käyttö laiteluokituksessa

Yleensä tämän tyyppisissä tehtävissä varsin houkuttelevaksi muodostuu käyttää keskiarvoja kokonaiskriittisyysindeksin ja osaindeksien kohdalla määrittäessä hyväksyttävää kriittisyystasoa ja laitteiden luokitusta. Keskiarvoluku ei kuitenkaan toimi tuottavuuden, turvallisuuden, eikä muiden osaindeksien suhteen. Keskiarvojen avulla näyttäisi olevan selkeää määrittellä kriittisyyden raja-arvojen määrittelyperusteet eri osaindekseille. Ongelmia ilmenee, määrittäessä laiteluokkia osaindeksien keskiarvojen perusteella ja lähestymiskulmasta. Tällöin ei laitteen luokitus aina kohdistu laitteen todelliseen oikeaan luokitukseen tai kriittisyystasoon. Osaprosessit ja niiden laitteet hyvin harvoin ovat täysin identtisiä kokoonpanonsa ja sijaintinsa puolesta prosessin hierarkiassa. Täysin identtisinä kokoonpanoilla ja tuotantotehtävällä se joissakin tapauksissa mahdollistaisi aitojen yli oikaisun. Muissa tapauksissa keskiarvo ja siihen vertaaminen ei mahdollista kategorisesti laitteen luokitusta, käytön, ennakkohuollon tai kunnonvalvonnan toimenpiteitä määrittäessä ja laadittaessa osaindeksien perusteista kriittisyyden luokitusta.

12.2. Laiteluokitus ja analysointi osaindekseillä

A-luokiteltujen laitteiden osaindeksiensuuruuden tarkastelu täsmentää laitteen lähtökohtia VVA:n laatimiseen vikamuotojen ja vioittumistapojen määrittelyssä. Varsinkin, jos on käytettävissä laitetietokantoihin, työtilauksista ja vikailmoituksista syntyviä listoja. Jos kaikille osaindekseistä määritellyille laiteluokille kootaan tehtävät tarpeelliset toimenpiteet, muodostuu toimenpideluettelosta helposti liiaksi kunnossapidon resursseja sitova Osaindeksien mukainen oma laiteluokitus ja toimenpiteet indeksien alentamiseksi, että laitteen tuotantokyky pysyisi sille suunnitellulla ja määritellyllä tasolla. on kiinnitettävä huomiota kunnossapidon työtekijäresurssointeihin. Osa suorittavasta henkilökunnasta on sidottu suunniteltuihin ennakkohuolto tehtäviin ja kunnon valvontaan. Määritellyt toimenpiteet asettavat kunnossapidon suunnittelulle paljon haasteita. Toimenpiteiden määrittelyissä ja suunniteluissa on kiinnitettävä huomiota, ettei toimenpiteistä tule olosuhteisiin ja tarpeisiin sekä saavutettavaan hyötyyn nähden liian järeitä. Silloin ne sitovat taloudellisia ja henkilöresursseja liiaksi varsinaiseen saavutettavaan hyötyyn nähden. Näissä tapauksissa jää toimenpiteisiin sidottu ylimitoitettu resurssit pois jostakin toisesta tärkeämmästä kohteesta. Tällöin myös kaikkien yksittäisten osaindeksien mukaan määritellyt tavoitteet jäävät saavuttamatta. Erittäin järkevänä yleisenä toimenpiteenä voitaisiin pitää kunnossapidon henkilökunnan ja laitteita käyttävien operaattoreiden, oikeiksi määriteltujen toimintamallien ja niiden oikeita käytön asenteita ylläpitävää ja kehittävä kouluttamista. Koulu-

tuksen suunnitteluun on hyvä käyttää laitevalmistajaa hyväksi. Voidaan katsoa, että hyväksikäyttö olisi myös valmistajan ja myyjän jälkimarkkinointitoimenpide (asiakastyytyväisyyden ylläpitämiseksi).

Ongelmana on, että yritettäessä määrittää laiteluokkia osaindeksien ja niistä lasketun keskiarvojen perusteella, ei määritetty laitteen luokitus silloin aina kohdistu laitteen todelliseen oikeaan sijaintiin laiteluokituksessa ja siihen silloin kohdistu kaikkia sen tarvitsemia kunnossapidontoimenpiteitä.

We

Ympäristövahinkojen osaindeksin mukainen luokitus ja sen tarvitsemien toimenpiteiden määrittely tulee jatkossa lisäämään tärkeyttään. Tiukkenevat ympäristöön kohdistuvat viranomais määräykset ja lait ovat runsaassa kasvussa.

Ws

Laitteet, jotka ovat Turvallisuusindeksiensä perusteella luokiteltu ja omalle erilliselle turvallisuuden tasolle ja sen perusteella määriteltävien toimenpiteiden työturvallisuuden nostamiseksi ja sen riittävän tason ylläpitämiseksi. Talvivaarassa ei vielä ole käytäntöä erilaisten työtapaturmien kirjaamisesta ylös; Maximon tietokantaan. Kyseisen tyyppisillä tiedoilla olisi ollut myös turvallisuuden laitekohtainen ja käyttöpaikkakohtainen analysointi suoraviivaista ja nopeaa ja samalla selkeät perusteet määritellä parannuskeinoja, vaara- tai vahinkotilanteista. Näissä turvallisuuden perusteella luokkaan A- määritellyissä laitteissa matalin aita olisi ollut määritellä turvallisuutensa mukaan korkeaksi määriteltujen riskien vuoksi, toimenpiteiksi riskianalyysi. Talvivaarasta saadun tiedon mukaan, tuotannossa eri osastoilla, ei ole tapahtunut yhtään pahempaa työtapaturmaa. Sama tieto oli myös varmistettavissa Talvivaaran kotisivuilta. Koska SFS 5438 standardi ei pelkästään määrittele eikä ohjeista niiden analysointia, on turvallisuus standardien yhtenä painopisteenä, molemmissa standardeissa. Samassa kaaviossa on mahdollisuus määritellä myös riskejä ja ehdottaa toimenpiteitä.

Tässä työssä analysoitiin useita turvallisuudelle ja ympäristölle vaaraa tai uhkaa aiheuttavien laitteiden osaindeksejä. Osaindeksin analysoinnissa huomio kiinnittyi myös työtapaturmien ehkäisemiseen korjaus-, kunnostus ja vaihtotyön yhteydessä. Muita osaindeksejä käytettiin opinnäytetyön aikana hyväksi laskettaessa tuotannonmenetyksiä. Laskenta suoritettiin niiden indeksien perusteella, jotka ovat Talvivaarassa käytössä laskettaessa tuotannonmenetystä. Kyseiset laskelmat ja niiden kaavat ovat Talvivaaran omaan sisäiseen laskentaan käytettäviä numerotietoja, joita en kyseisestä syystä voi käydä tässä julkaisemaan esim. liitteissä. Indeksien keskuudesta kannattaa poimia ja huomiota kiinnittää olennaisiin poikkeamiin indeksien suuruuksissa, Koska kokonaiskriittisyys määräytyy osa indeksien rivin summasta ei, juuri eroavaisuuksia kokonaislaiteluokitukseen tule. Huomiota kiinnitti se, että yleisen käytännön mukaan ne laitteet, jotka määräytyivät turvallisuutensa perusteella luokkaan A, kuuluu laittaa muutoinkin ehdottomasti A- luokkaan, vaikka kokonaiskriittisyys ei näyttäisi olevan jokin pienempiluokka kuin A-luokka. Tässä analyysissä kokonaiskriittisyytensä indeksin perusteella näin tapahtui myös käytännössä, tehdyn analyysin perusteella näin kävi myös käytännössä. Opinnäytetyössä osaindeksien mukainen laiteluokitus painottui turvallisuusindeksin tarkkailuun. Perusteluna turvallisuuden osaindeksin yksilöllisten suuruuksien käyttöön on se, että ottaen huomioon toiminnan laadun ja laajuus-

den ja tuotannon suhteellisen lyhyen historian muodostaa turvallisuuden parantaminen ja turvallisuuden lisääminen selkeän perusteen luokitella laitteistoja. Analyysin kohteena olevissa laitteissa ei yhdenkään laitteen kohdalla tullut esille, että niistä aiheutuisi välitöntä hengenvaaraa. Poikkeuksena voisi olla käytössä tapahtuva huomattava huolimattomuus ja turvaohjeiden laiminlyönti.

Varsinaisia riskejä vakaviin vammautumisiin ovat vaihtotyön ja kunnostusten yhteydessä tapahtuvat nostot ja niiden tukien peittäminen ja maantasosta korkealla tapahtuvat kunnossapitotyöt.

Wr

Tarkastelemalla huollettavuuden ja korjattavuuden osaindeksiä, sekä tutkimalla laitteiden kunnossapitotietokannan vikaistoriaa ja sieltä ilmenevien vikaantumisten juurisyiden analysointi ja laitekohtainen yksilöllinen katselmus ja analysoinnissa esiin tulevien muutostöiden mahdollisuuksien huomioon ottaminen ja suuremmissa kokonaisuuksissa RCM-projektin aloittaminen. Wr indeksin alentamiseen vaikuttamalla seisokkipituuteen ja työn välillisiin kustannuksiin ja suunnittelemalla työvaiheiden pienemmän resurssien sitovuuden ja työvaiheiden nopeuttaminen ja helpottaminen. Samoilla keinoilla Turvallisuusindeksin laskemisen yhteydessä suunnitellut ja tehdyt tarveharkintaperusteiset päätökset, laitteiden muutostarpeissa on selkeintä välittömästi tai välillisesti ottaa huomioon myös huollettavuuden, korjattavuuden ja luokse päästävyuden parantaminen. Kyseisissä laitteissa kriittisyysanalyysissä vikaantumisvälin kertoimellinen arvo on myös merkittävä.

Opinnäytetyön kohteena olevassa prosessin osassa on hihnakuuljettimien määrä suuri. Kuljettimien laitteistot, kuten rullat, kääntöpyörät ja kiristyskoneistot nousevat käytön kuormittavuuden vuoksi ja niiden lyhyiden vikavälien vuoksi useimmiten erittäin kriittisiksi. Sama ilmiö on havaittavissa kuljettimien hihnoissa. Kuljettimien rullastoissa tarkempi laitepaikan positiointi olisi kunnonvalvonnan ja kunnossapitotoimenpiteitten kohdistaminen seisokkityönä ja välittömien ja siirrettyjen kunnostamisten suorittavan kunnossapitoryhmän ohjaaminen oikeaan kohteeseen täsmällisempää ja tarkemmin oikeaan paikkaan. Kunnossapidon tietokantaan, kehittyvän vikaistorian avulla suunnittelu on ajan saatossa näin myös selkeämpää varsinkin ylärullissa. Parempi ennakoitavuus luo taittopyöriin samoja soveltuvuuksia. Tällöin seisokkityönä ja jaksotettuna kunnossapitona tapahtuvat rullien vaihdot tai huoltotyöt tapahtuvat nopeammin. Laatu- ja kustannuksen kohdalta tilanne on samanlainen. Näiden kahden osaindeksin analysointi mahdollistaa ennakkohuolto ja kunnonvalvontatoimenpiteitten tarpeet ja kohdistamisen eri toiminnallisille komponenteille. Ennakkohuolto- ja kunnossapitotoimenpiteitten valinnalla vaikutetaan tai pyritään käyttöasteen nostamiseen. Käyttöasteen nostamisen onnistuessa on toimenpiteitten arvo suoraan laskettavissa tai havaittavissa tuotannonmenetyskustannusten pienenemisenä. Samalla se on myös havaittavissa, välittömien kunnossapitokustannusten pienenemisenä.

Wq

Laadun kriittisyyden osaindeksin Wq käyttäminen analysoinnin tarkasteluissa, on pyrittävä ottamaan huomioon, kuinka paljon prosessin osan tai osaprosessin tuotos vaikuttaa yleensä lopputuotteen laatuun ja niiltä osin vielä mahdollisesti lisää tuotannon ”susikustannuksia”.

Opinnäyte työn kohteena olevissa laitteistoissa ”susikustannus vaikutus” on, kuten olen jo aiemmin todennut, minimaalinen.

13. YHTEENVETO

Kuten aiemmin opinnäytetyössä on mainittu, analysoitavat laitteet olivat hihnakuljettimia. Niiden vikamuodot ja vikojen syntymissyöt ovat hihnakuljettimille tyypillisiä, kuten kriittiset laitteetkin. Tässä kriittisyysanalyysissä ei analysoitu organisaatiota, koska se ei kuulu työn asetukseen ja tekijän näkemys organisaatioista puuttuu. Organisaatio on yleensä yksi analyysin perusaiheista valmistus ja suunnitteluvirheiden lisäksi. Organisaation analysointia varten tarvitaan, organisaation tuntemus, kunnossapidolle asetetut tavoitteet ja kunnossapidontunnusluvut,

Toimilaitteita analysoidessa väistämätön vastaan tuleva piirre oli kasauksessa olevien kuljettimien vetokoneistojen analysointi, joiden erittäin tärkeä toiminnallinen laite on vetomoottorit ja niiden ilmenneiden ja tyypillisimpien vikamuotojen määrittelyt, niiden aiheutumisten syyt, joko komponenteille, tai yleisemmin.

13.1. Rullastot ja taittopyörät

Kuljettimien rullastot ovat yleisesti lähes aina analyysissä laitteistoissa kriittisimmässä luokassa. Vikaantumisen estäminen ja jatkuva kunnon valvonta ei yleensä ole mahdollista riippuen kuljettimen sijainnista ja koosta, jolloin joissakin tapauksissa käytön aikainen valvonta operaattorin toimesta mahdollistuu. Jatkuva käytön aikainen kunnon valvonta sitoo henkilöresursseja ja vaatii kohtuullisen suuren parantavan kunnossa pidon investoinnin rullien instrumentointiin. Taittopyörien osalta tilanne on samanlainen, mutta niiden instrumentointi ei vaadi yhtä suurta investointia, eikä myöskään yhtä pitkää seisokkia valvontajärjestelmän asentamisen suhteen. Taittopyörissä olennaista on pyörimisen kuumeen värähtelyjen jatkuva käytön aikainen valvonta. Kulumisten havaitseminen edellyttää säännöllisiä kuntotarkastuksia rullastoissa. Rullan vikaantuminen ei aiheuta yleensä välittömästi prosessin pysähtymistä riippuen vikatyypistä.

Kyseiset laitteet asettavat haasteen kuljettimien valmistajille tuotekehitykseen ja niiden toimivuuden varmistaminen pitkähkön pilottikokeen, käyttövarmuuden selvittämiseksi. Tuotekehityksen yhteydessä olisi helpoin parantaa turvallisuuden ja korjattavuuden ominaisuuksia kyseisten riski-indeksien pienentämiseksi

13.2. Kuljetinhihnat

Kuljettimien hinnat nousevat myös aina korkeimpaan kriittisyysluokkaan. Hihnoissa on yleensä käytön aikainen valvonta käytössä. Hihnan sivuttaissiirtymää valvotaan antureilla. Joillakin hihnanvalmistajilla on tarjolla instrumentoituja hihnoja, mm. hihnan venymää kontrolloimaan. Ongelmaksi muodostuu, että vaihtaminen kyseisten tyyppisiin hihnoihin on yleensä kustannuskysymys. Hihnan vioittuminen aiheuttaa sen prosessin tai sen osan pysähtymisen. Korjauksen ja vaihtotyön aiheuttama seisokki on yleensä pitkäkö. Seisokin pituus riippuu olennaisesti työn suorittajien ammattitaidosta, eli kuinka hyvin he ovat tehtävään koulutettuja ja kuinka kokeneita he ovat.

13.3. Kaavarit

Kaavarit ovat myös korkeimmassa luokassa. Niiden kunnossapitäminen vaatii yleensä aina säännöllistä kunnonvalvontaa ja tarkkailua ja tarkastamista toimivuutensa ylläpitämiseksi ja myös, ettei vikaantunut kaavari aiheuta muita suurempia vaurioita, esimerkiksi kuljettimen hihnalle, tai instrumentoinnille. Tämä johtuu kaavareiden nopeasta kulumisesta, lyhyestä vikavälistä ja sen myötä kohonnutta kriittisyyttä. Kunnonvalvonta tapahtuu ajon aikana tapahtuvilla ja säännöllisillä kuntotarkastuksilla. Kaavarityypin valinta ja niiden valmistajien onnistuneet materiaalivalinnat vähentävät kulumista ja pidentävät vaihtovälejä. Kaavareiden vaihtotyön helppous ja nopeus sekä säännölliset tarkastukset pienentävät vikaantumisen aiheuttamaa hihnan vaurioittamisen riskiä.

13.4. Vetokoneistot

Vetokoneistojen toiminnalliset komponentit, kuten moottorit ja vaihteet ja vetorullat, kuuluvat ennakkohuoltojen ja säännöllisten kuntotarkastusten piiriin. Kunnossapidon kehityksessä ajan saatossa aivan omaksi ammattialueekseen ja sen suorittajat

13.5. Hyväksyttävien kriittisyystasojen määrittäminen

Yleensä hyväksyttävän kriittisyystason määrittely tapahtuu asiantuntijoiden mukaan näppituntumalla. Sillä mitään selvää ohjetta määrittelylle ei ole missään ohjeistettu ja siitä ei ole myöskään minkään asteista mainintaa Standardeissa. Kriittisyysindeksien vertaaminen tehdyn analyysin kokonaisskaalaan, on selkeämpää verrata indeksejä, jos mahdollista aiemmin samasta tai samanlaisesta kohteesta laadittuun analyysiin. Tämä on selkeämpää tarkasteltaessa analyysien laskennan kriteerejä. Talvivaaran kohteessa ei malminkasauslaitteistosta ollut aiemmin laadittua kattavaa analyysiä. Tehdyssä analyysissä vertailu tapahtui muihin kohteisiin ja ammattikorkeakoulun T&K-osastolla kaivannaisteollisuuden parissa olleiden henkilöiden kanssa. Malminkäsittelyssä, kuten muidenkin teollisuusprosessien yhteydessä, kaikkein kriittisimmässä laitteissa vikavälin alentaminen vaatii yleensä jonkin

asteisia laitteiden muutostöitä ja modernisointia, analyysissä kriittisiksi määriteltyihin laitteisiin. Suurempien muutosten osalta tehtävissä parantavan kunnossapidon suunnitelma ja parantava kunnossapito tarkoittaa myös tällaisissa tapauksissa, yleensä jonkin asteisia investointeja ja siirtymistä niiltä osin kyseisen kunnossapitostrategian toimenpiteisiin. Yleensä parantava kunnossapito vaatii investointeja ja budjetointia taloudellisiin ja henkilöresursseihin. Yhtenä mahdollisuutena vikaväliden lyhentämiseen on myös tutkia ja suunnitella kunnonvalvonnan lisäämistä. Ennakkohuoltosuunnitelmien päivittäminen ja osittain uudelleen laatiminen tulee kysymykseen lähes aina korkeimmassa kriittisyysluokassa. Tämän

13.6. Tulosten käsittely

Analyysissä tutkittiin malminkasauksen laitteistossa olevia kriittisyydeltään luokiteltuja toiminnallisia laitteita, joita oli 122 kpl. Laitteiden jakautuminen eriluokkiin on nähtävissä taulukosta 9. Ongelmalliseksi muodostui rajanveto toiminnallisen laitteen ja niiden toiminnallisten komponenttien välillä, joiden vikamuodon ja syntymissyiden määrittelyt oli löydettävissä kunnossapidolle tehtyjen vikailmoitusten ja työtilausten taulukosta.

Taulukko 9 Laiteluokkiin jakautuminen

Laiteluokat 362-364	kpl	%
kriittiset luokka A	57	46
melko kriittiset luokka B	33	27
vähän kriittiset luokka C	32	26

Korkeimman kriittisyysluokan suurehko määrä yleisesti hyväksyttävänä pidetystä laitteiden prosentuaalisesta määrästä selittyy sillä, että analysoitavana olevat laitteet ovat malmin käsittelyssä olevia hihnakuuljettimia ja joidenkin toiminnallisten laitteiden vikavälit ovat kohtuullisen lyhyitä. Luodusta PSK6800 -analyysin taulukosta kriittisyysindeksin ja turvallisuuden osaindeksin mukaisesti, oli tarkoituksenmukaista ottaa toiminnallisesta laitteesta ja prosessin osasta analysoitavaksi vain luokkaan A kuuluvat laitteet ja löytää niiden vioittumisen muotoja ja vikojen syitä. vikamuodot ja muu tarvittava tieto löytyi samasta maximon tietokannan taulukosta kuin laiteluokituksen vikavälit.

Jokaisessa kriittisyysanalyysissä, johon olen tutustunut, on kertoimia määritelty laitoskohtaisesti. Tässäkin tapauksessa se tulevan kysymykseen myöskin väistämättä, mutta kyseistä tuotantoa on mahdoton vertailla muihin tuotantoihin yhtäläisyys merkillä.

kaivososakeyhtiön malminkäsittelylaitteistoa.? Muista Kriittisyysanalyyseistä tehdyistä opinnäytetöistä poiketen olen käyttänyt työn Laatumiseen ja loppuun saattamiseen kahta eri standardia. joiden päämäärä on kokonaisuudessa yhteneväinen. Muissa opinnäytteissä on pohjana ollut lähes pelkästään PSK 6800 standardi. Tässä työssä tarkoitukseni ei ole ollut todistaa mitään uutta kummankaan paremmuudesta tai käyttökelpoisuudesta, vaan standardeissa tarkoitukseni on ollut vertailla molempien tapojen käyttökelpoisuutta ja mahdollista yhteiskäytettävyyttä, myös muissa mahdollisissa analysoinnin kohteissa, tämän analyysin kohteen, Laitteet ovat hihnakuuljettimia ja niiden liikuttamiseen tarvittavia laitteita. hihnakuuljettimille tyypillisesti niiden kriittisimmät osat olivat Rullastot, kuljetushihnat, taitto-

pyörät, vetokoneistot moottoreineen ja kiristinlaitteineen ja kaavarit. muita laitteistoissa kriittisiksi määriteltyjä laitteita ovat tuotannossa suuren työkuorman suorittavia laitteita. Analyyseissä vioittumisten syihin ei ole missään kohti otettu huomioon ns. inhimillisten tekijöiden vaikutuksia. Vikaantumisten vaikutusta tuotannon määrään ja lopputuotteen laatuun on jo mainittu aiemmin osaindeksien analysoinnin yhteydessä.

Koska, kohteena olleet malminkäsittelylaitteisto kasaukseen ja läjitykseen suurilla murskemäärillä, eikä tästä syystä sovellu suoraan muihin teollisuuden prosesseihin.

14. LÄHDELUETTELO

- /1/ Ikäheimonen Timo, Kaivos Talvivaaraan suurprojekti Kainuussa Promaint 4/2009 s.16-17.
- /2/ Opinnäyte Heikkinen Hannu, Biologinen rikastus Opinnäyte Tampereen ammattikorkeakoulu kemiantekniikka. 2008.
- /3/ Talvivaarankaivoksen tarkkailusuunnitelma 9M607140 Pöyry Oy 2007.
- /6/ Järviö Jorma, Kunnossapito n:o 10 KP Media Oy 2004.
- /5/ Talvivaara.com 26. 10 2009.
- /4/ Pörssitiedote 27.8.2009 Talvivaara Kaivososakeyhtiö Oyj
- /7/ PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja Määritelmät, 3. painos, Suomen Standardisointiliitto, 2003.
- /8/ luentoesitys Salmensuu Pentti . kunnossapidon strategian valinta.
- /9/ Majuri Sami luentomateriaali BMS 12.05.2009
- /10/ Talvivaara Oy pörssitiedote 22.10.2009
- /11/ Maximo kunnossapitotietokanta Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj
- /12/ Eyusivuww.sigma.se/fi/Sigma-Solutions-Oy/Maximo-Enterprise-Asset-Management/ 25.09. 2009
- /13/ MTBF <http://fi.wikipedia.org/wiki/> 12.10.2009
- /14/ RCM luento Kari M Mäki 29.01.2009.
- /15/ Niemelä Sauli, Peter Wil-
mott:[https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/29113/NiemelÄ Sauli.pdf](https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/29113/Niemel%C3%A4_Sauli.pdf)-2009
- /16/ Haastattelu Vuolukka Petri, kunnossapito ja automaatioinsinööri, Outokumpu Chrome Oy Elijärven kaivos. 21.09. 2009.
- /17/ Majuri Sami, luentomateriaali 5.11. 2007

15. LIITELUETTELO

Liite 1. PSK 6800 mukainen kriittisyys- ja laiteluokittelutaulukko, Excel-muodossa

Liite 2. malmin käsittelyprosessin kaavio

Liite 3. SFS- 5438 mukainen analyysi Word taulukossa

| Liite .4 Purkuvaunujen 362ja 364_Laitekuvat

LOCATION	DESCRIPTION	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	mpäristö (0...16)	Tuotannonmenetys(0...4)	Lopputuotteen laatukustannus (0...4)
		Painoarvot W-->	40	10	100	10
	Ajopyörät 1-16	4	2	0	1	0
362	taittopyörä etu ylä	8	2	0	2	0
	taittopyörä etu keski	4	2	0	2	0
	taittopyörä etu ala	8	2	0	2	0
	syöttösuppilo	8	2	0	1	0
	kääntötelä 1 etu vasen	1	0	0	2	0
362PVA0001	Purkuvaunu (Tripper car on rails)					0
362PVA0001-M1	vetomoottori 1 etu vasen	4	1	0	2	0
362PVA0001-M3	vetomoottori 3 etu vasen	4	1	0	2	0
	kuljetusvaihte 1 etu vasen	2	1	0	3	0
	kääntötelä 2 etu oikea	1	0	0	2	0
362PVA0001-M2	vetomoottori 2 etu oikea	4	1	0	2	0
	kuljetusvaihte 2 etu oikea	2	1	0	3	0
362PVA0001-M4	vetomoottori 4 etu oikea	4	1	0	2	0
	kääntötelä 3 etu vasen	1	0	0	2	0
	kuljetusvaihte 3 etu vasen	2	1	0	3	0
362PVA0001-M5	vetomoottori 5 etu vasen	4	1	0	2	0
362PVA0001-M7	vetomoottori 7 etu vasen	4	1	0	2	0
	kääntötelä 4 etu oikea	1	0	0	3	0
362PVA0001-M6	vetomoottori 6 etu oikea	4	1	0	2	0
	kuljetusvaihte 4 etu oikea	2	1	0	3	0
362PVA0001-M8	vetomoottori 8 etu oikea	4	1	0	2	0
	kääntötelä 1 taka vasen	1	0	0	2	0
362PVA0001-M9	vetomoottori 9 taka vasen	4	1	0	2	0
362PVA0001-M11	vetomoottori 11 taka vasen	4	1	0	2	0
	kuljetusvaihte 1 taka vasen	2	1	0	3	0
	kääntötelä 2 taka oikea	1	0	0	2	0
362PVA0001-M10	vetomoottori 10 taka oikea	4	1	0	2	0
362PVA0001-M12	vetomoottori 12 taka oikea	4	1	0	2	0
	kuljetusvaihte 2 taka oikea	2	1	0	3	0
	kääntötelä 3 taka vasen	1	0	0	3	0
362PVA0001-M13	vetomoottori 13 taka vasen	2	1	0	2	0

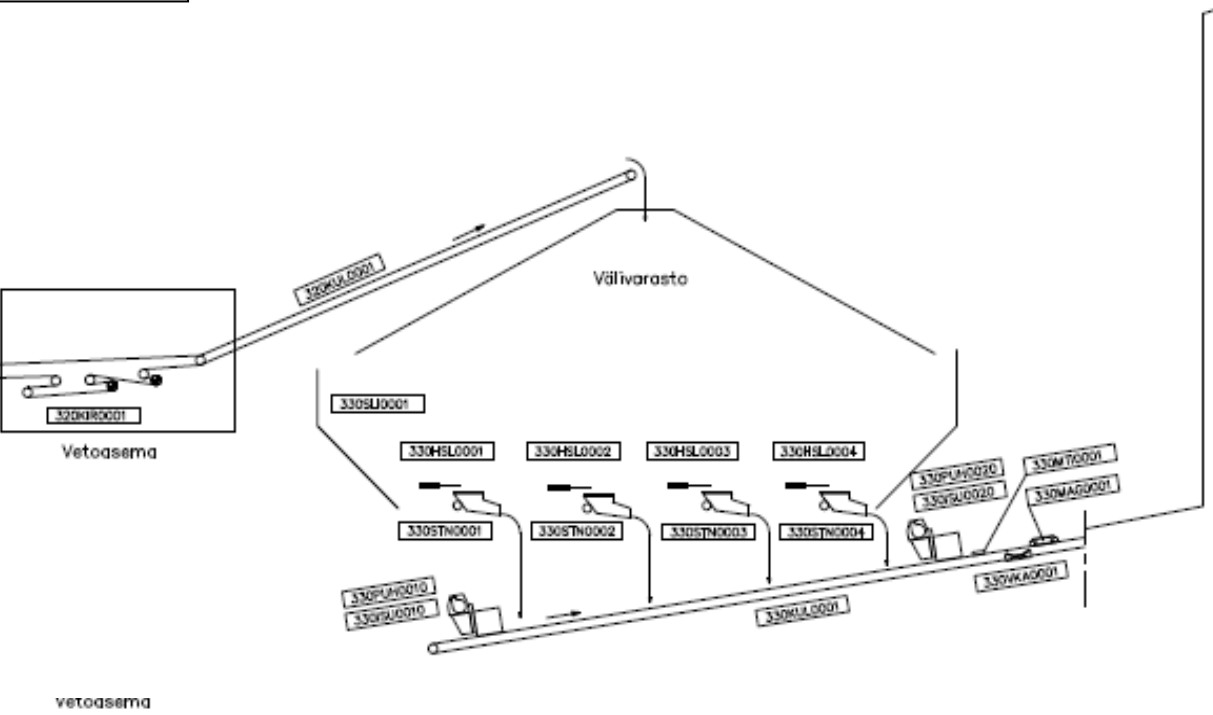
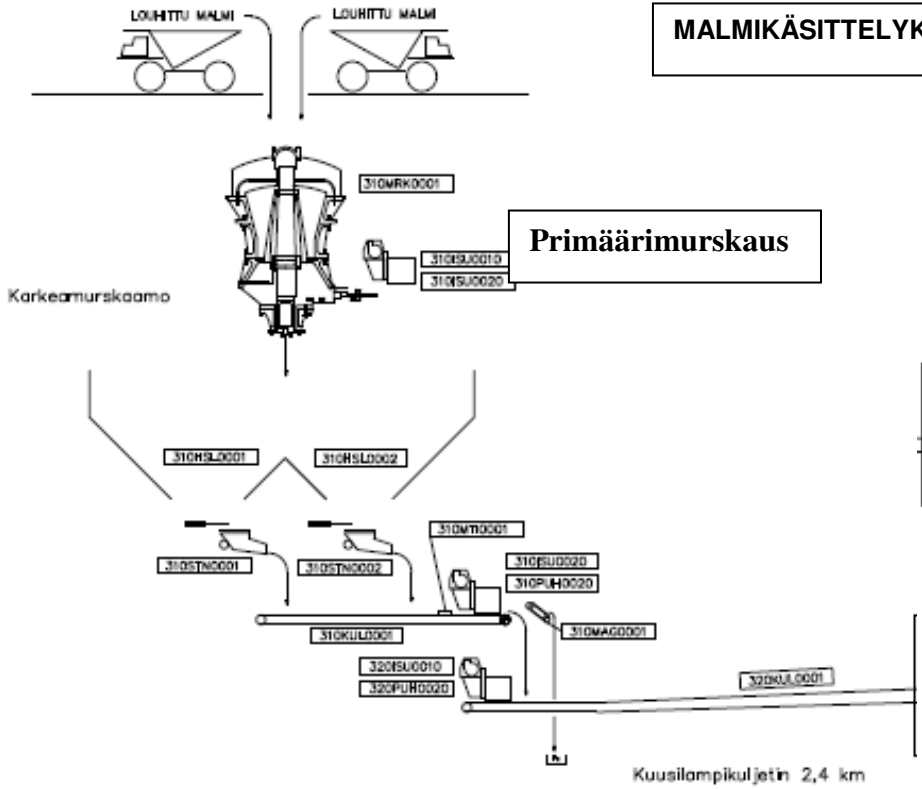
Korjaus- tai seuseuraus

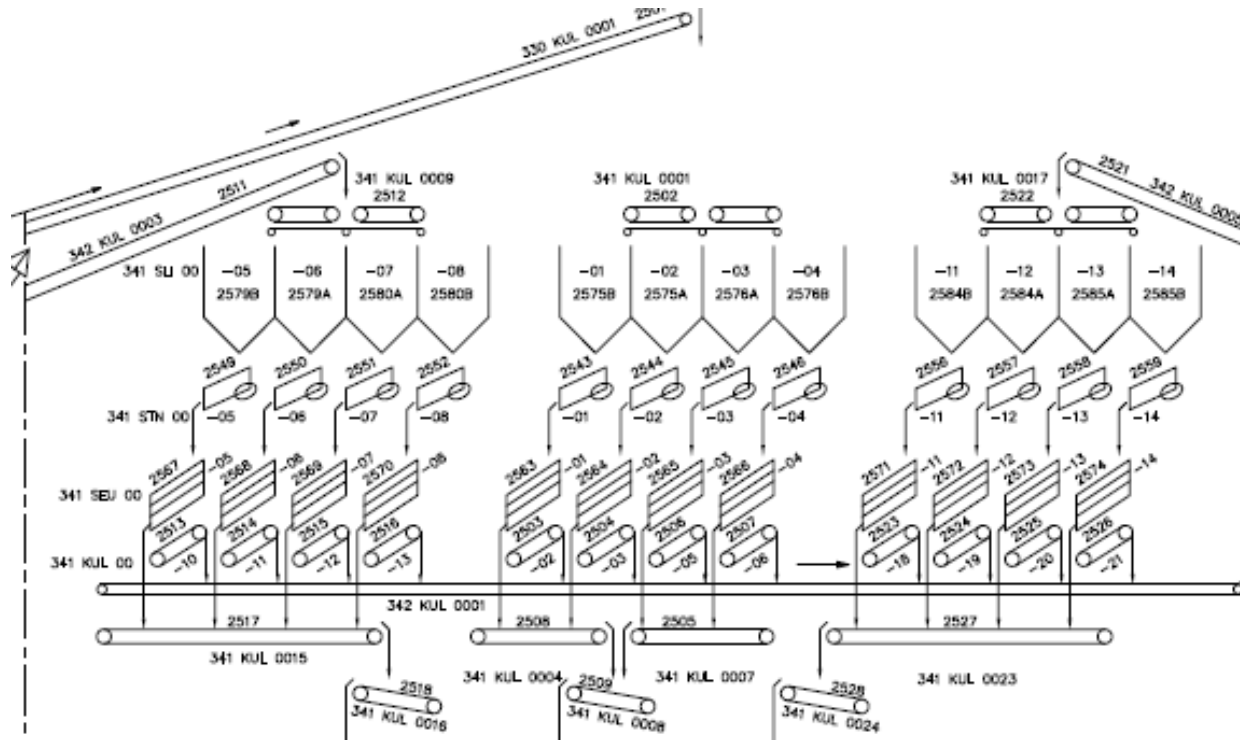
kustannus (0...4)

40		Kriittisyysindeksi kriittisyyden osaindeksit											
		K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr	Laiteluokka					
								K	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
2	1040	320	0	400	0	320		A	A		A		A
1	2560	640	0	1600	0	320		A	A		A		A
1	1280	320	0	800	0	160		A	A		A		A
1	2560	640	0	1600	0	320		A	A		A		A
1	1760	640	0	800	0	320		A	A		A		A
3	320	0	0	200	0	120		C	C		C		C
	0	0	0	0	0	0			C				
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
2	840	80	0	600	0	160		B			B		B
2	280	0	0	200	0	80		C	C		C		C
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
1	760	80	0	600	0	80		B	C		B		C
2	1280	160	0	800	0	320		A	A		A		A
2	280	0	0	200	0	80		C			C		C
2	840	80	0	600	0	160		B	C		B		C
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
2	1280	160	0	800	0	320		A	B		A		A
2	380	0	0	300	0	80		C	C		B		C
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
2	840	80	0	600	0	160		B	C		B		C
2	1280	160	0	800	0	320		A	B		A		A
3	320	0	0	200	0	120		C	C		C		C
1	1120	160	0	800	0	160		A	A		A		B
1	1120	160	0	800	0	160		A	A		A		B
2	840	80	0	600	0	160		B	C		A		B
2	280	0	0	200	0	80		C	C		C		C
1	1120	160	0	800	0	160		A	B		A		B
1	1120	160	0	800	0	160		A			A		B
2	840	80	0	600	0	160		B	C		B		B
2	380	0	0	300	0	80		C	C		C		C
1	560	80	0	400	0	80		B	C		C		

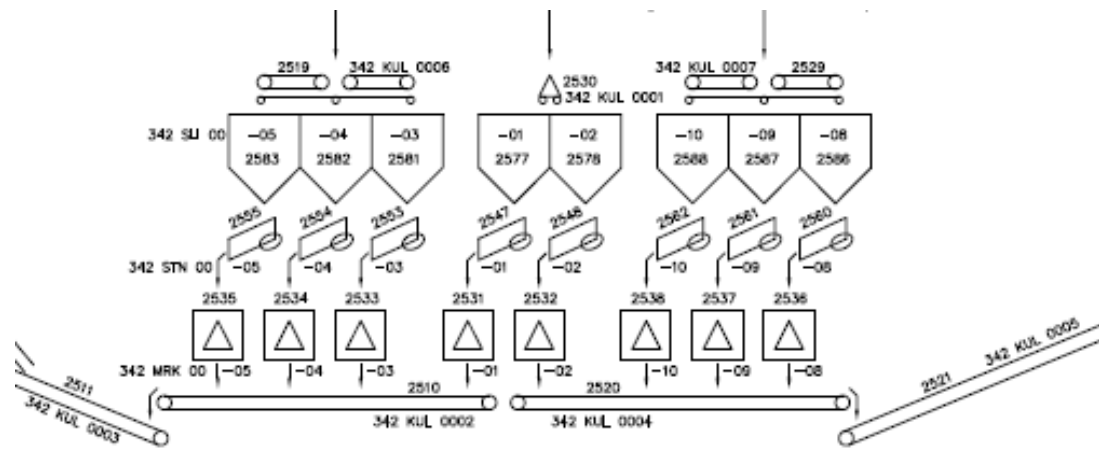
Louhinta

MALMIKÄSITTELYKAAVIO

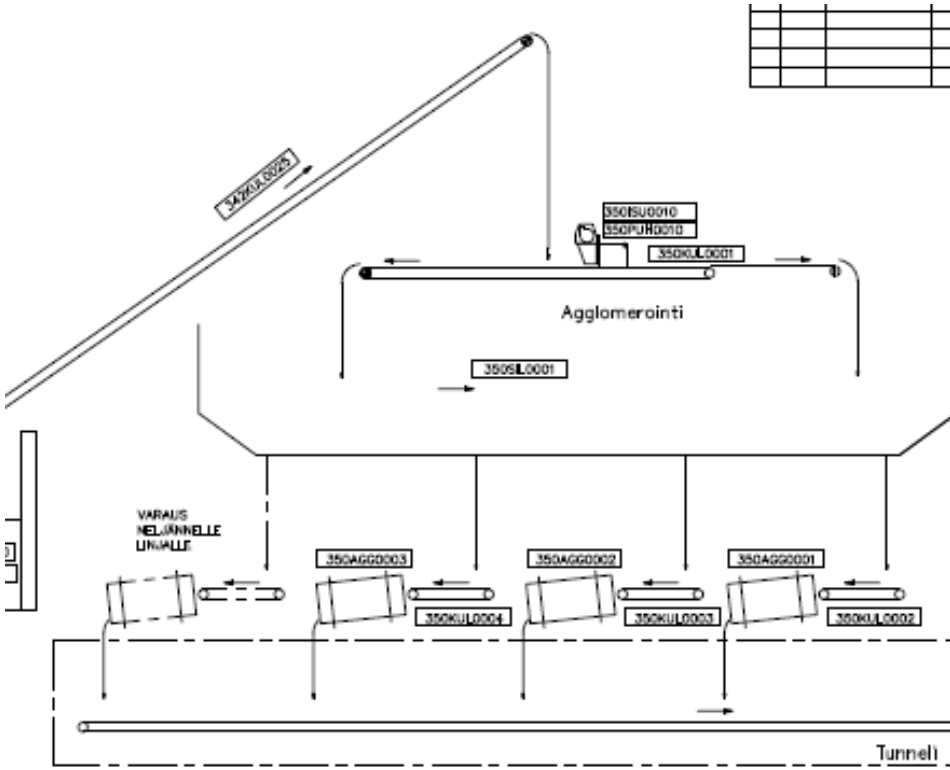




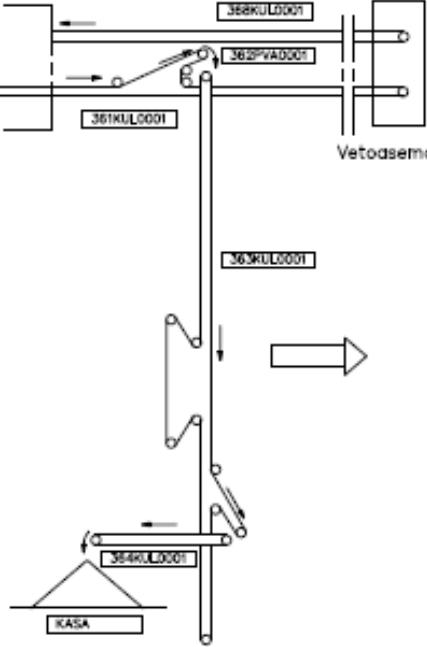
SEULONTA



HIENOMURSKAUS



KASAUS



Vika, vaikutus ja kriittisyysanalyysi

PVA3620001

TALVIVAARA

(1)

Laite	Tehtävä	Vioittumistapa	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus		Vian havaltsemistavat	Vaihtoehtoisia varokeinoja tal parannusehdotuksia	Kriittisyysindeksi
				Paikalliset vaikutukset	Vaikutukset koko järjestelmän toimintaan			
Vetomoottorit 3620001M1-16	Kuljettaa purkuvaunua	laakerivauriot Taajuusmuuttajan yli/alilämpötila - Moottorin yllilämpötila -- Taajuusmuuttajan mekaaninen vioittuminen	- Rasvauksen puute - Sopimaton voitelu rasvanlaatu - Normaali kestoikä ylitetty - Puutteellinen linjaus - Puutteellinen jäähdytys - Värinä -pölyn kulkeutuminen laakeriin ja moottoriin	- Värähtelyt kasvavat - Lämpötilan nousu - Laakerin kuluminen puhki - Kiinnileikkaaminen - Moottorin katastrofaalinen vaurioituminen - Tuotantoteho laskee - yhden moottorin vioittuminen kuormittaa muita vetomoottoreita ja kuljetusvaihteita huomattavasti enemmän	- -purkuvaunu pysähtyy Vioittunut moottori pysäyttää tai hidastaa läjitystä - Tuotantoteho laskee	- Aistinvarainen havaitseminen - - Automaattinen kunnonvalvonta - Lämpötilojen seuranta sekä tuotantotiloissa että moottorin omista lämpöanturoinneista - Moottorin väriinän seuraaminen - Moottoritehon seuraaminen - Moottorin ja taajuusmuuttajan kunnonvalvonta ja toiminnanvalvonta - Säännöllinen taajuusmuuttajan toiminnan tarkastus	etää pölyn pääsy kuluville pinnoille ja kuluvien pintojen puhtaanapito -moottoreille suunnitellaan automaattinen valvonta laitteet lämpä ; väriinät - purkuvaunun nostamiseenjärjestelmä vaihto/ korjauksen nopeuttamiseksi - ja muuttamiseksi turvallisiksi.	1120 160

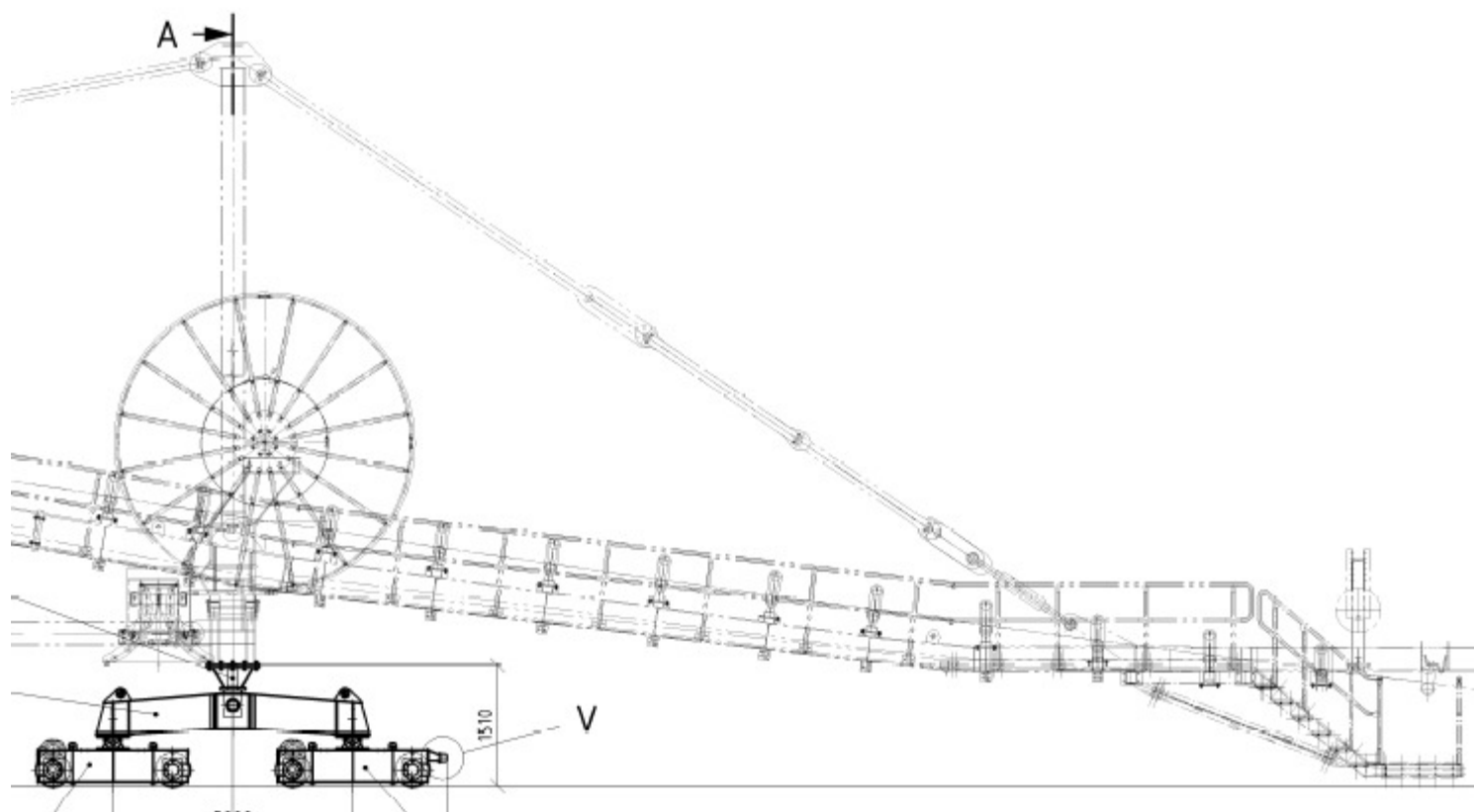
Reijo Koivumies

Ajopyörät 1-16	Liikuttaa purkuvaunua	Y Laakerien vauriot	- puutteellinen linjaus	- Moottorin tuotantotehon putoaminen - Moottori ei käynnisty	- -purkuvaunu pysähtyy	- - Aistinvarainen havainnointi	-purkuvaunun paino- kauma pyörien kesken tarkastetaan ja jaetaan toisin -malmin kulkeutuminen kiskoille estetään, mm. rakentamalla suojat ja kiskoille puhdistus laitteisto. purkuvaunun nostaminen ja pyörän kiinnityksen muuttaminen korjaus ja vaihtotyön nopeuttamiseksi - ja muuttamiseksi turvallisiksi -suuremman aksiaalisen kuorman kestäviä laakereita. säännöllinen kunnontarkastus Laakereiden vaihto jokaisen moottorikorjauksen yhteydessä -siirtyminen täysin pölysuojattuihin laakereihin -vikavälien muodostuessa hyeksi, pyritään löytämään astetta suurempitehoinen moottorimalli. vikavälin lyhentämiseksi.	300 1040 320
		- pyörien kuluminen	- laakerivauriot -pyörän mekaaninen vaurioituminen					
		vetoakselin vaurio akselin kuluminen						
			- Yhdessä tai useamassa vaiheessa ei ole virtaa syötössä tai lähdössä					
			- Ympäristötekijät, laitteistoympäristö liian kuuma tai kylmä					
			- Moottorin lämpötila on noussut					
	- Ympäristöstä ja ulkoisista tekijöistä johtuva mekaaninen vaurio taajuusmuuttajan mekaniikkaan tai elektroniikkaan							
kuljetusvaihteist	Säätää tehoa	Kiinnileikkaaminen	- Puutteellinen voitelu - Vaihteistoöljyn	- Tehonsiirto heikkenee tai loppuu - Vaihteisto vaurioi-		- Säännöllinen öljyn ja rasvauksen tarkastus - Käyntilämpötilojen	lämmön valvonta PVa:n noston helpottaminen vaihtotyön nopeuden	840

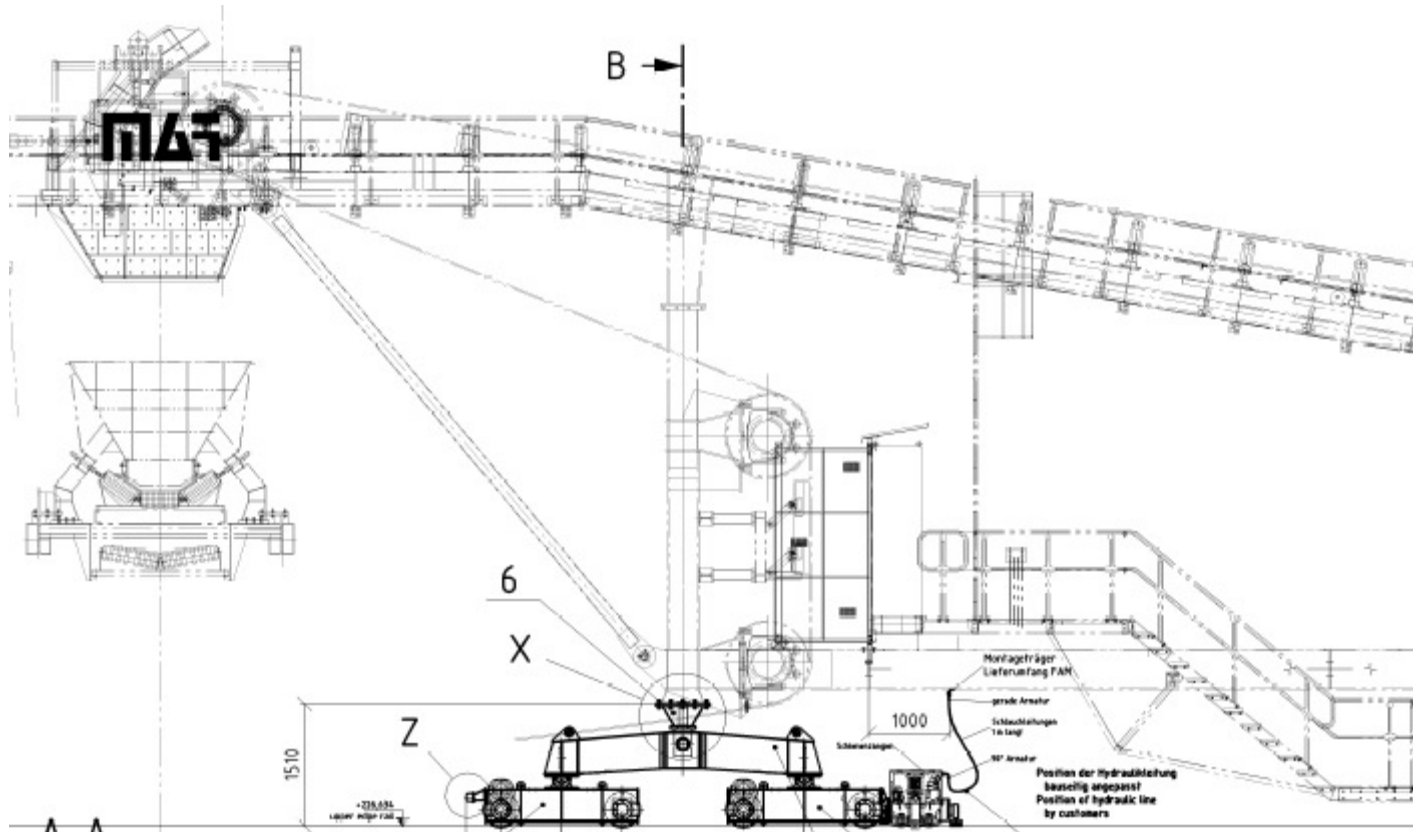
Lalte	Tehtävä	Violtumistapa	Vian aiheuttaja	Vian vaikutus		Vian havaitsemistavat	Valtuohtoisia varokelnoja tal parannusehdotuksia	Krlitt- syysin- deksi
				Paikalliset vaikutukset	Vaikutukset koko järjestelmän toimintaan			
Kannatinrullasto	kannatella kuljetin hihnaa 361 nostettaessa malmia 362 syöttöön	laakerivauriot -rullan puhki kuluminen -rullapukin irtoaminen	- Rasvauksen puute - Sopimaton voitelu rasvanlaatu - Normaali keskoikä ylitetty - Puutteellinen linjaus - Puutteellinen jäähditys - Värinä -pölyn kulkeutuminen laakeriin -värähtelystä johruvs rullapukin irtoaminen	- Värähtelyt kasvavat - Lämpötilan nousu - Laakerin rullankuluminen puhki - Kiinnileikkaaminen - kiinni leikannut ja puhki kulunut rulla - irronnut rullapukki voi vahingoittaa kuljetinhihnaa361	- -purkuvanu pysähtyy Vioittunut moottori pysäyttää tai hidastaa läjitystä - Tuotantoteho laskee ja hidastaa malmin läjitystä	- Aistinvarainen havaitseminen - - Automaattinen kunnonvalvonta	-	K (Ws)
		Akselivauriot	- Ylikuormituksesta johtuva vääntyminen - Puutteellisesta linjauksesta johtuva vääntyminen - Malmimurskasta ja pölystä johtuva -	- Vääntynyt akseli kuormittaa laakereita - kuluttaa rullan pintaa puhki - Tuotantoteho laskee				

1440

**362PVA0001Trip-
per car on rails**



**362Purkuvaunu
nososto**



362PVA Purku-
vaunu ja suppi-
lo ja paluu
kiertoon

364PVATripper car /Stacker on mobile stacking conveyor

