

KAIVOSKONEIDEN TUOTANNON KÄYTETTÄVYYDEN NOSTAMINEN MEKAANISIA VIKOJA VÄHENTÄMÄLLÄ

Palokangas Veera

Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

2020

Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Veera Palokangas	Vuosi	2020
Ohjaajat	Ins. (YAMK) Arja Kotkansalo DI Jani Sipola		
Toimeksiantaja	Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos Kunnossapitoinsinööri Gonzalo Ubal Garro		
Työn nimi	Kaivuskoneiden tuotannon käytettävyyden nostaminen mekaanisia vikoja vähentämällä		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 8		

Opinnäytetyön tilaajana oli Outokumpu Chrome Oy Kemin kaivos. Tämän opinnäytetyön aiheena oli kaivuskoneiden tuotannon käytettävyyden nostaminen vähentämällä mekaanisia vikoja. Työn tavoitteena oli tehdä suunnitelmat kaivuskoneiden tuotannon käytettävyyden nostamiseksi. Suunnitelmia varten analysoitiin, mitkä kaksi mekaanista vikaa lyhentävät kaivuskoneiden käytön aikaa. Kustannuksia ei otettu huomioon työssä.

Teoria-aineistona käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, internet-lähteitä ja standardeja. Lisäksi tietoa saatiin haastattelemalla liikkuvan kaluston kunnossapidon työnjohtajia ja asentajia sekä operaattoreita.

Analysoinnin tuloksena mekaanisiksi vioiksi saatiin letkurikko ja porakaluston vienti. Analysoinnin ajanjakso oli yksi vuosi. Letkurikko vei eniten aikaa kaivuskoneiden käyttöajasta. Analysoinnin jälkeen tehtiin suunnitelmat mekaanisille vioille. Porakaluston vienti ei ole mekaaninen vika, mutta se vie paljon aikaa kunnossapidolta ja siten pienentää kaivuskoneiden käytön aikaa.

Suunnitelmat saatiin molemmille vioille. Letkurikon suunnitelmat olivat tässä työssä tärkeimmät, jonka vuoksi ne kirjoitettiin tarkasti. Letkurikkojen suunnitelmassa kerrotaan, miten letkurikkoihin kuluva aikaa voitaisiin pienentää. Porakalustoon liittyvien materiaalien toimitus suunnitelmissa kerrotaan, mitä voitaisiin tehdä, jotta niihin ei kuluisi niin paljon aikaa. Suunnitelmien avulla voidaan nostaa kaivuskoneiden käytettävyyttä.

Mechanical and Production Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Veera Palokangas	Year	2020
Supervisors	Arja Kotkansalo M.Eng. Jani Sipola M.Sc (Tech.)		
Commissioned by	Outokumpu Chrome Oy Kemi Mine Maintenance Engineer, Gonzalo Ubal Garro		
Subject of thesis	Increasing the production of mining equipment usability by reducing mechanical failures		
Number of pages	41 + 8		

This thesis was commissioned by Outokumpu Chrome Oy Kemi Mine. The subject of this thesis was to increase the production of mining equipment usability by reducing mechanical failures. The objective of the work was to make plans to increase the usability of mining equipment production. Which of two mechanical failures shortened the operating time of the mining equipment were analyzed for the plans. Costs were not considered in the work.

Relevant literature, internet sources and standards were used as theoretical material. In addition, maintenance supervisors, fitters and mining equipment operators provided information in their interviews.

As a result of the analysis, hose failure and the export of drilling equipment were obtained as mechanical failures. The analysis period was one year. The hose failure took the most time in the operating time of the mining machines. After the analysis, plans were made for mechanical failures. The export of drilling equipment is not a mechanical failure, but it takes a lot of time from maintenance and thus reduces the operating time of mining equipment.

The plans were made for both mechanical failures. The plans for the hose failure were the most important in this work, which is why they were written accurately. The hose failure plans describe how the time spent on hose failure could be reduced. The drilling equipment export plans describe what could be done to avoid spending so much time. The plans can be used to increase the usability of mining equipment.

Key words

service, maintenance, usability, plans

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	KEMIN KAIVOS	9
2.1	Historia.....	9
2.2	Organisaatio	10
2.3	Maanalainen louhinta.....	10
3	KUNNOSSAPITO	12
3.1	Kunnossapitolajit.....	12
3.2	Ehkäisevä kunnossapito	13
3.2.1	Jaksotettu kunnossapito.....	14
3.2.2	Kuntoon perustuva kunnossapito	14
3.3	Häiriökorjaus.....	14
3.4	Korjaava kunnossapito.....	15
3.5	Huolto	15
3.6	Käyttövarmuus.....	15
3.7	Käytettävyys	16
4	KEMIN KAIVOKSEN LIIKKUVAN KALUSTON KUNNOSSAPITO	17
4.1	Ennakkohuollot	17
4.2	Vikatyöt.....	18
5	KAIVOKSEN TIETOJÄRJESTELMÄT	19
5.1	KaTTi.....	19
5.2	KUHA.....	19
5.3	KUTI.....	20
5.4	eHuoltolista-ohjelma	21
6	KAIVOSKONEET.....	22
6.1	Peränporauslaite.....	22
6.2	Ruiskubetonointilaite.....	23
6.3	Pultitus- ja verkotuslaite	25
6.4	Vaijeripulttauslaite.....	27
6.5	Louhintaporauslaitteet.....	29
6.5.1	Avausreikäkone Rhino 100 HM.....	30
6.5.2	Scania Simba	31

7 MEKAANISET VIAT.....	32
7.1 Letkurikko	32
7.2 Porakaluston vienti	33
8 SUUNNITELMAT.....	34
8.1 Suunnitelmat letkurikoille	34
8.1.1 Suunnitelma tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle	34
8.1.2 Suunnitelma liikkuvan kaluston kunnossapidolle.....	36
8.2 Porakaluston vienti	37
8.2.1 Suunnitelma tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle	37
8.2.2 Suunnitelma liikkuvan kaluston kunnossapidolle.....	38
8.3 Letkujen vaihtoehtoisia merkintätapoja	38
9 POHDINTA.....	39
LÄHTEET.....	40
LIITTEET	42

ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Chrome Oy Kemin maanalaisen kaivoksen kunnossapitoinsinööri Gonzalo Ubal Garroa mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta. Kiitän myös maanalaisen kunnossapidon työnjohtajia ja kunnossapitoasentajia. Lisäksi haluan kiittää Lapin AMK:lta Arja Kotkansalaa ja Jani Sipolaa hyvästä ja kannustavasta opinnäytetyön ohjaamisesta.

Isoin kiitos kuuluu perheelleni ja avopuolisolleni, jotka ovat kannustaneet ja tukenet minua opinnäytetyön aikana.

Kemissä 4.6.2020

Veera Palokangas

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

eHuoltolista-ohjelma	Kaivoskoneiden huolto-ohjelma sovellus
EQ	Ympäristö ja laatu
HS	Työterveys ja turvallisuus
KaTTi	Kaivoksen tuotannon tietojärjestelmä
KUHA	Kunnossapidon hallinta -ohjelma
KUTI	Kunnossapidon tietojärjestelmä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Outokumpu Chrome Oy:n Kemin kaivokselle. Työn tarkoituksena on nostaa kaivoskoneiden tuotannon käytettävyyttä. Tässä työssä käytettävyyttä määritellään häiriöttömänä käytettävyytenä, joka on käyntiajan suhde käyntiajan ja häiriökorjausajan summaan. Analysoitavat kaivoskoneet ovat Outokummun omistuksissa. Kaivoskoneita on 15 kappaletta ja niitä ei tarvitse analysoida yksittäisesti, vaan ne analysoidaan yhtenä yksikkönä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on nostaa kaivoskoneiden tuotannon käytettävyyttä vähentämällä mekaanisia vikoja. Työ koostuu kahdesta tavoitteesta. Ensimmäinen tavoite on tutkia ja määritellä, mitkä ovat ”top 2” - mekaaniset viat, jotka lyhentävät kaivoskoneiden käytön aikaa. Toisena tavoitteena on esittää kaksi suunnitelmaa näiden ”top 2” - mekaanisten vikojen ratkaisemiseksi. Tämä tavoite on tärkeämpi. Molemmille mekaaniselle vialle tehdään kaksi suunnitelmaa.

Suunnitelma 1 on koko kaivoksen organisaatiota varten ja suunnitelma 2 vain liikkuvan kaluston kunnossapidolle. Koko kaivoksen organisaatiolle tehdyt suunnitelmat koskevat tuotantoa ja kunnossapitoa. Edellä mainituissa suunnitelmissa on yksityiskohtainen kuvaus siitä, miten mekaanisten vikojen ratkaisemiseen kulunut aika saadaan minimoitua. Suunnitelmissa tulee ilmi, millä tavalla se toteutuu.

Työ toteutetaan analysoimalla mekaanisia vikoja ja keräämällä tietoa kaivoksen tietojärjestelmistä, muun muassa KUHAsta ja KaTTista. Liikkuvasta kalustosta ja sen kunnossapidosta kerätään tietoa myös haastattelemalla liikkuvan kaluston työnjohtajia.

2 KEMIN KAIVOS

Kemin kaivos on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiön Outokumpu Chrome Oy:n omistuksessa. Kemin kaivos tunnetaan myös nimellä Elijärven kaivos, koska kaivos sijaitsee Keminmaan kunnan alueella, Elijärvellä. Kemin kaivos on ainoa kromikaivos Euroopan unionissa. (Kaivosvastuu 2020; Outokumpu 2020c.)

Kemin kaivosalueella toimii päivittäin noin 250 Outokummun työntekijää ja eri palvelutoimittajaa. Malmia louhitaan nykyään 2,7 miljoonaa tonnia vuodessa. Kaivoksessa suoritetaan räjäytyksiä joka päivä kaksi kertaa klo. 7.00 – 7.15 ja 19.00 – 19.15 aikaan. (Outokumpu 2020a.)

2.1 Historia

Vuonna 1959 suomalainen sukeltaja Martti Matilainen löysi kromilohkareen maakeavesikanavasta Kemissä. Outokumpu sai oikeudet esiintymän jatkotutkimukseen vuonna 1960. Kaivostoiminta alkoi avolouhoksen valmistavilla töillä kesällä 1965. Keväällä 1967 valmistui koerikastamo, jolloin käynnistyi koeajo. Vuonna 1968 ryhdyttiin rakentamaan varsinaista rikastamo koeajosta saatujen kokemusten perusteella. Rikastamo valmistui toukokuussa 1969. Rikastamon vuosikapasiteetti oli tuolloin 400 000 tonnia malmia. (Outokumpu 2020c; Kuisma 1985, 291 – 292.)

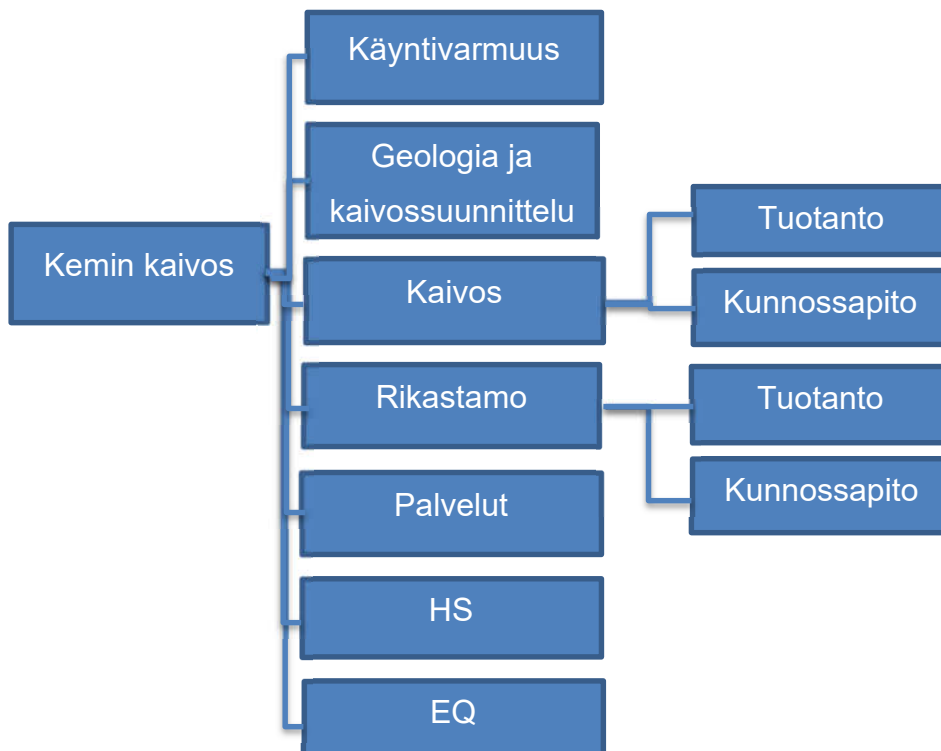
Varsinainen tuotantovaihe käynnistyi vuonna 1969 malmin avolouhinnan noustessa yli 200 000 tonniin. Seuraavina vuosina louhinta nousi asteittain vuonna 1977 saavutettuun ennätystulokseen 837 000 tonniin. Tuolloin louhinnasta vastasivat pääosin ulkopuoliset urakoitsijat. (Kuisma 1985, 291 – 292.)

Kemin kaivoksen välitön työllistävä vaikutus ei ollut rakennusvaiheen jälkeen suuri. Henkilöstövahvuus oli 1970-luvulla ja 1980-luvun alkupuolella vain 120 – 160, joista toimihenkilöitä oli viidennes. Työvoima oli pääosin ulkopuolisia urakoitsijoita. (Kuisma 1985, 292.)

2.2 Organisaatio

Kemin kaivoksen organisaatio jakautuu seitsemään osastoon, jotka ovat käytäntivarmuus, geologia ja kaivossuunnittelu, kaivos, rikastamo, palvelut, HS ja EQ. Kaivososaston alla on maanalainen tuotanto ja nykyään myös kunnossapito. Rikastamon osaston alla on rikastamon tuotanto ja kunnossapito.

Kemin kaivoksen tämänhetkinen organisaatiokaavio (Kuvio 1):



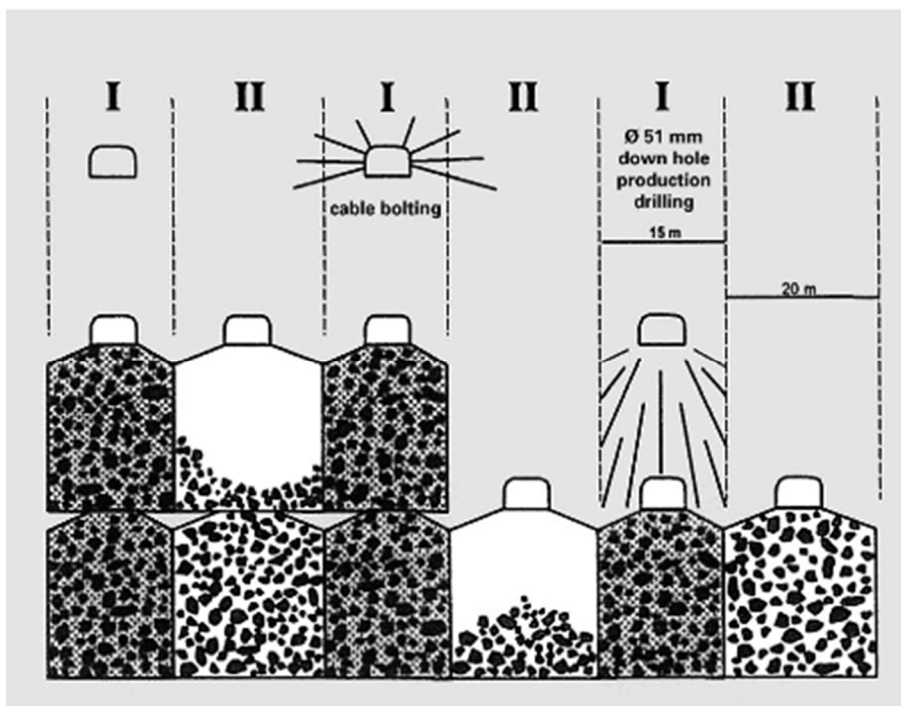
Kuvio 1. Outokumpun Kemin kaivoksen organisaatiokaavio (Mukaiillen Outokumpu 2020d.)

2.3 Maanalainen louhinta

Maanalainen louhinta alkoi vuonna 2003 ja vuonna 2005 louhinta siirtyi kokonaan maanalaiseen kaivokseen. Malmin louhiminen aloitettiin 500 metrin tasolta vuonna 2003, josta on edetty ylöspäin avolouhoksen pohjaa kohti. Yksittäiset louhokset, jotka on louhittu tyhjiksi, täytetään sivukivellä. Louhoksista malmi kuljete-

taan maanalaiselle murskaamolle, jonka jälkeen murskattu malmi nostetaan nostokuilun kautta maanpäälliseen rikastusprosessiin. (Kaivosvastuu 2020; Outokumpu 2020c.)

Kemin kaivoksen louhinta tapahtuu poikittaisena pengerloughintana (Kuva 1). Pengerloughinta on välitasolouhinnan sovellus. Pengerloughinnassa louhitaan yksi penger eli tasoväli kerrallaan ja Kemin kaivoksessa louhinta etenee alhaalta ylöspäin. Poikittaisessa pengerloughinnassa louhittu louhos täytetään sen jälkeen, kun louhos on tyhjiinlastattu. (Hakapää, Lappalainen & Paalumäki 2015, 125.)



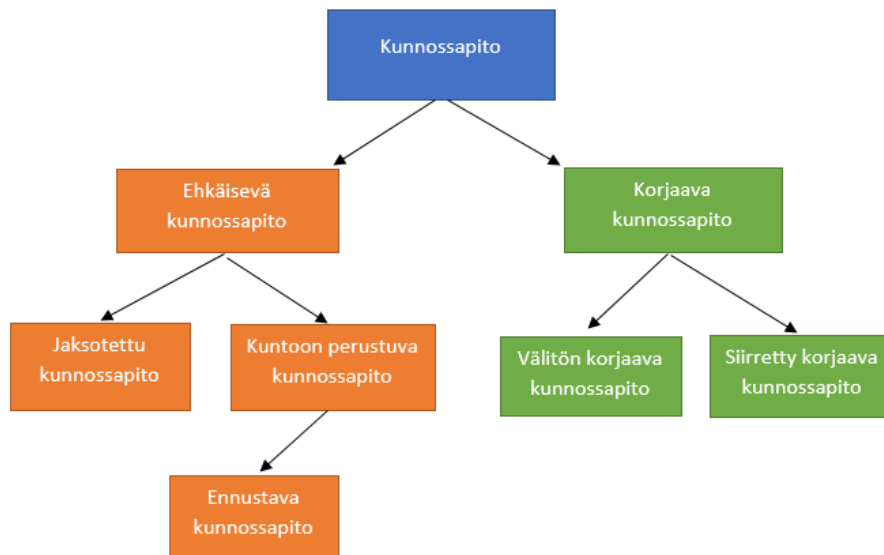
Kuva 1. Pengerloughinta Kemin kaivoksella (Atlas Copco 2007.)

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on erilaisten asioiden, kuten koneiden ja laitteiden pitämistä toimintakuntoisina, jotta ne toimivat luotettavasti, esiintyvät viat korjataan sekä turvallisuusriskit ja ympäristö hallitaan (Järviö, Piispa, Parantainen & Åström 2007, 15). Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteiden kokonaisuudesta, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon. (PSK 6201:2011; SFS-EN 13306:2017.)

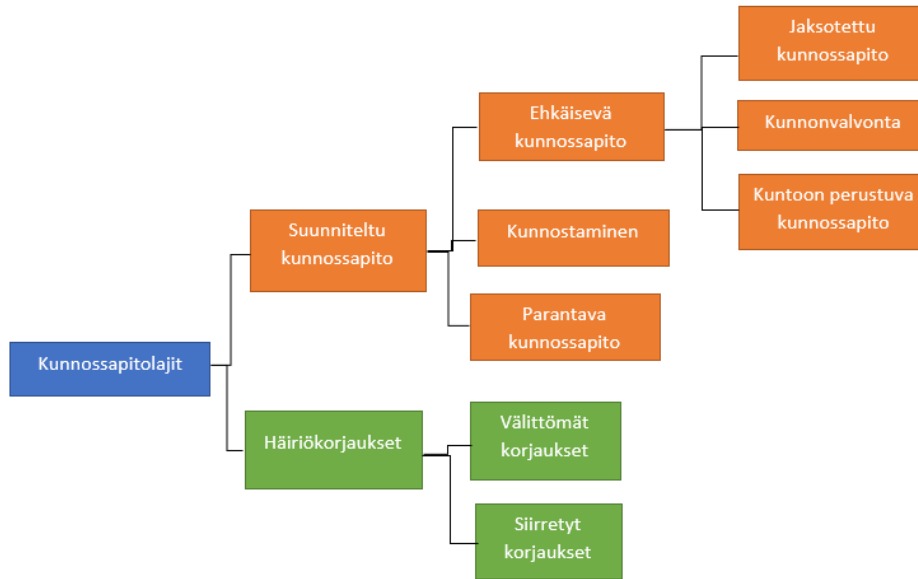
3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapidon tehokkuutta on helppo seurata jakamalla se eri lajeihin. Kunnossapitostandardit SFS-EN 13306:2017 ja PSK 7501:2010 eroavat jonkin verran toisistaan. SFS-EN 13306:2017 jakaa (Kuvio 2) kunnossapitolajit ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon, mitkä toteutetaan joko ennen vian havaitsemista tai sen tapahduttua. (Järviö ym. 2007, 47.)



Kuvio 2. Kunnossapitolajit (Mukaihen SFS-EN 13306:2017.)

PSK 7501:2010 jakaa (Kuvio 3) kunnossapitolajit kahteen pääluokkaan suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. (Järviö ym. 2007, 48.)



Kuvio 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010.)

3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla on tarkoitus pitää yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palauttaa heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estää vaurion syntyminen (PSK 6201:2011). Ehkäisevän kunnossapidon avulla seurataan kohteen suorituskykyä tai sen parametrejä. Päämääränä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toimintakyvyn heikkenemistä. (Järviö ym. 2007, 50, 72.)

Ehkäisevä kunnossapito on pääsääntöisesti suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä sekä erilaisten seisakkien yhteydessä. Ehkäisevässä kunnossapidossa säännöllisesti tehtäviä toimenpiteitä ovat muun muassa:

- vikaantumisen aiheuttavien syiden tai olosuhteiden havainnointi ja tarkkailu
- toimenpiteet, joita suoritetaan, jotta kone pystyisi toimimaan suunnitellulla tavalla. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi koneen rakenteen ylläpito, voiteluhuollon suorittaminen.
- vikaantumisen havaitseminen ja korjaaminen ennen kuin vika pysäyttää koneen. (Järviö ym. 2007, 72.)

Ehkäisevä kunnossapito on jaettu jaksotettuun kunnossapitoon ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon.

3.2.1 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotettu kunnossapito on ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, jota tehdään suunnitelluin jaksotuksin esimerkiksi käyttötuntien tai energian käytön mukaisesti ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta (PSK 6201:2011).

3.2.2 Kuntoon perustuva kunnossapito

Standardin SFS-EN 13306:2017 mukaan kuntoon perustuva kunnossapito sisältää fyysisen tilan arviointia ja analyysiä sekä mahdollisesti kunnossapitotoimenpiteitä. Kuntoon perustuva kunnossapito ymmärretään usein vain kunnonvalvontana. Kunnonvalvonta on jatkuvaa toimintaa, jossa kohteen tilaa seurataan erilaisten mittausten avulla, jotka voivat olla jatkuvia tai tietyn väliajoin suoritettavia. Kunnonvalvonnan avulla suunnitellaan havaittujen vikojen korjaus. Kunnonvalvonnassa kohteen kunnon arviointi voi perustua käyttäjien havaintoihin, tarkastukseen, testaukseen, tai järjestelmän parametrien analysointiin. (Kautto 2014; PSK 6201:2011; SFS-EN 13306:2017.)

Kuntoon perustuvan kunnossapidon tavoitteena on vikaantumattomaan ja häiriöttömään toimintaan pyrkiminen. Kuntoon perustuva kunnossapidon määritelmä ei ota kantaa, millaisilla menetelmillä tai parametreilla kohdetta valvotaan. (Kautto 2014.)

3.3 Häiriökorjaus

Häiriökorjauksella palautetaan kohde, joka on vikaantunut, toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaansa. Häiriökorjaukset jaetaan välittömiin ja siirrettyisin häiriökorjauksiin. Välitön häiriökorjaus suoritetaan heti, kun vika on havaittu, jotta kohteelle voidaan palauttaa toimintakunto tai rajoittaa vian aiheuttamat seuraukset hyväksyttävälle tasolle. Siirretty häiriökorjausta ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan se on siirretty tehtäväksi kohteen, tuotannon tai organisaation tilan salliessa. (PSK 6201:2011.)

3.4 Korjaava kunnossapito

Korjaavan kunnossapidon mukaan vikaantuvaksi todettu osa tai komponentti korjataan käyttökuuntoon. Osille ja komponenteille voidaan laskea elinaika korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla. Korjaava kunnossapito voi olla joko suunniteltua tai suunnittelematonta. Suunniteltu on kohteen kunnostamista ja suunnittelematon häiriökorjausta. Seuraavat toimet sisältyvät korjaavaan kunnossapitoon:

- vian määrittäminen
- vian paikallistaminen
- vian tunnistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen. (Järviö ym. 2007, 49.)

3.5 Huolto

Huoltoja tekemällä ylläpidetään kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen kuin vika syntyy tai estetään vaurion syntyminen. (Järviö ym. 2007, 50.) Huolto ja tilanteenmukainen huolto ovat jaksotetun kunnossapidon toimenpiteitä. Huolto sisältää kohteen tarkastamisen, puhdistamisen, säädön, suodattimien vaihdon, öljynvaihdon, rasvauksen ja muut vastaavat toimenpiteet. Tilanteenmukainen huolto tehdään kohteen, tuotannon tai organisaation tilan salliessa. (PSK 6201:2011.)

3.6 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus tarkoittaa kykyä toimia vaaditulla tavalla. Käyttövarmuus tarkoittaa kohteen kykyä olla tilassa, jossa kohde kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa olettaen, että kaikki vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla. (PSK 6201:2011.)

Käyttövarmuuden mittarit ovat tekijät, joilla voidaan mitata, arvioida ja määritellä kohteen kunnossapidettävyyttä, toimintavarmuutta tai kunnossapitovarmuutta. Näitä ovat muun muassa käyntiaika, käyttöaika, vikaantumisaika ja seisokkiaika. (Järviö ym. 2007, 43-44; PSK 6201:2011.)

3.7 Käytettävyys

Käytettävyys on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan tietyssä olosuhteessa ja tietyllä ajanhetkellä tai tietyllä ajanjaksolla vaaditun toiminnon, olettaen, että vaaditut ulkoiset resurssit ovat saatavilla. Kohteen käytettävyys määritellään todennäköisyydeksi luotettavuustarkasteluissa, olettaen, että kohde kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon. (PSK 6201:2011.)

Käytettävyyden määritelmä riippuu käyttötarkoituksesta ja tarkastelukohteesta, sillä sitä voidaan käyttää esimerkiksi kunnossapidon ohjaukseen ja kehittämiseen. Käytettävyys riippuu myös kunnossapidettävyyden, kunnossapitovarmuuden ja toimintavarmuuden yhteisvaikutuksesta. (Järviö ym. 2007, 41; PSK 6201:2011.)

Tässä työssä käytettävyys on häiriötön käytettävyys, joka on käyntiajan suhde käyntiajan ja häiriökorjausajan summaan.

4 KEMIN KAIVOKSEN LIIKKUVAN KALUSTON KUNNOSSAPITO

Kemin kaivoksen liikkuvan kaluston kunnossapitotöihin kuuluu koneiden käyttötunti perusteinen huolto, koneiden vikojen ja toimintahäiriöiden etsintä, määrittely ja korjaus. Liikkuvan kaluston kunnossapidon töihin kuuluu myös isompien vaurioiden korjaus, muun muassa seinämiltä ja katolta putoavien kivien ja seinään ajoista vaurioituneiden syöttö- ja kangenkäsittelylaitteiden sekä vaijerointi- ja pultauslaitteiden korjaus. Varaosien määrittely, tilaus ja päivitykset kuuluvat myös kunnossapidolle. (Saari 2020b.)

Liikkuvan kaluston kunnossapidossa kunnossapitoasentajat ovat joko keskeytyvässä 2-vuorossa tai keskeytymättömässä 5-vuorossa. Keskeytymättömässä on yhteensä 10 asentajaa ja keskeytyvässä on 3 asentajaa. Keskeytymätön vuorossa olevilla on 2 aamua, 2 yötä ja 6 vapaa päivää. Keskeytyvässä vuorossa olevat ovat arkisin töissä joko aamu- tai iltavuorossa. Keskeytymättömässä vuorossa olevat tekevät 12 tunnin työpäivää ja keskeytyvässä vuorossa tekevät 8 tunnin päivää. (Saari 2020b.)

4.1 Ennakkohuollot

Ennakkohuoltoja suoritetaan, kun eHuoltolista-ohjelma osoittaa, että koneella on tarvetta huollolle. Kone pyritään kiinnittämään sen viikon huoltosuunnitelmaan. Ennakkohuolloissa otetaan huomioon valmistajan suosittama voiteluhuolto- ja tarkistusohjelma. Ennakkohuoltoja tehdään käyttötuntien, kulumishavaintojen ja tarkistuksien perusteella. Kulumishavaintojen ja tarkistuksiin perustuvissa huolloissa voidaan huoltaa ja vaihtaa muun muassa kulutusosia. (Saari 2020b.)

Ennakkohuolloissa koneista vaihdetaan esimerkiksi öljyjä, suodattimia, kulutusosia ja vaurioituneita osia. Jokaiseen ennakkohuoltoon liittyy myös tarkastukset, rasvaukset ja koneiden pesut, jotka ovat käyttötunneista riippumattomia. Ennakkohuolloissa tehdään myös hitsauksia, jos on tarvetta. Ennakkohuolloissa korjataan niin sanottuja lisätöinä kirjautuneet vikakohteet. (Saari 2020b.)

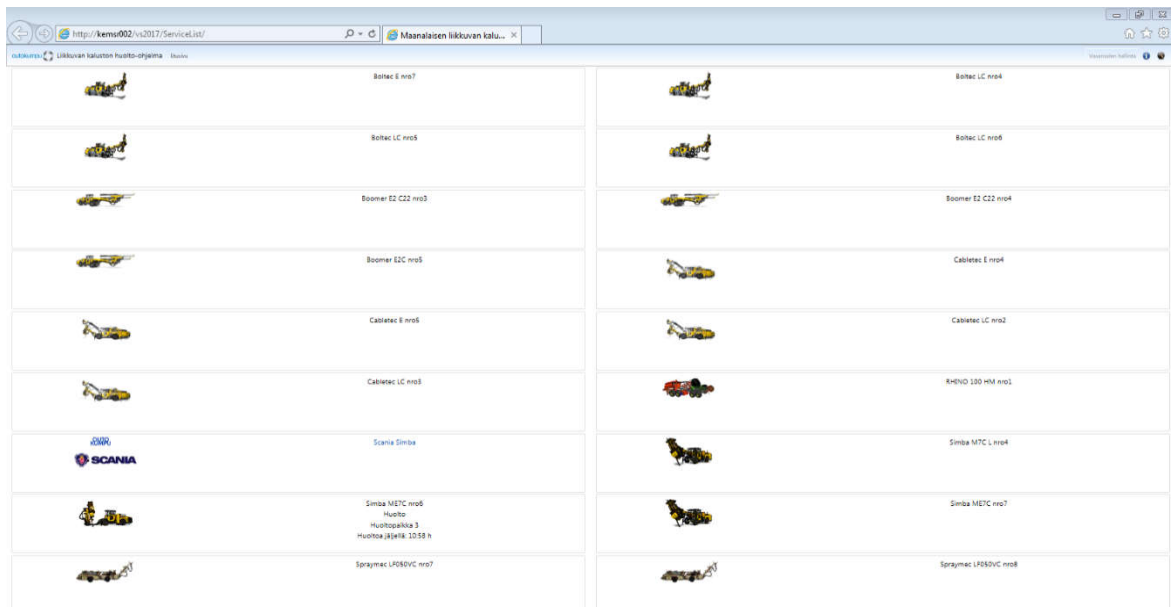
4.2 Vikatyöt

Liikkuvan kaluston vikatöistä käytetään yleisimmin nimitystä vikakeikat, jotka sisältävät kaikki työt, jotka eivät vaadi kaluston vientiä huoltohalliin. Näitä ovat muun muassa hydraulikkaletkujen vaihdot, vesipesien ja niskojen vaihdot porarin kanssa, sidepulttien kirimiset ja sähköisten vikojen korjaukset. Vikakeikat kaivoskoneille suoritetaan mahdollisimman pian, kun porari on ilmoittanut korjaustarpeesta. Kone asetetaan viankorjaustilaan ja korjauksen jälkeen ilmoitetaan valmiiksi. Vika nimetään ja korjauksen kesto jää KaTTi-järjestelmään. Vikakeikat tehdään yleensä välittömästi, mutta joskus töitä voi olla jonossa. (Saari 2020.)

Vikakeikat vaikuttavat tuotantoon merkittävästi, sillä osa vikakeikoista voi kestää useamman tunnin tai ne kestävät muutaman minuutin. Vikakeikan pituuteen vaikuttaa muun muassa henkilöresurssimäärä ja vian tyyppi, esimerkiksi hydraulikkaletkun vaihto hytin alta vie enemmän aikaa kuin porapuomissa olevan letkun vaihto. (Saari 2020.)

5.4 eHuoltolista-ohjelma

Maanalaisella liikkuvalla kalustolla on käytössä uusi huolto-ohjelmaversio, eHuoltolista-ohjelma, johon on listattu kaivoksen liikkuvan kaluston kaivoskoneet. Jokaisella huoltopaikalla on oma kosketusnäytöllinen huoltopääte. eHuoltolista-ohjelman avulla kone otetaan huoltoon. eHuoltolista-ohjelmasta pystyy näkemään huollon keston ja huollossa tehtävät toimenpiteet. Kuva 5 nähdään eHuoltolista-ohjelman yleisnäkymä. eHuoltolista-ohjelmasta tietoa siirtyy KaTTiin ja KaTTista tietoa siirtyy eHuoltolista-ohjelmalle.



Kuva 5. Liikkuvan kaluston huolto-ohjelma.

6 KAIVOSKONEET

Tällä hetkellä liikkuvaan kalustoon kuuluu 18 konetta, joista 3 on uusia. Tässä työssä keskitytään 15 koneen mekaanisiin vikoihin. Koneet voidaan jakaa viiteen ryhmään:

- peränporauslaitteet
- ruiskubetonointilaitteet
- pultitus- ja verkotuslaitteet
- vaijeripulttauslaitteet
- louhintalaitteet.

6.1 Peränporauslaite

Peränporauslaitteita tarvitaan peränajoon eli tunnelin tekoon. Vinoperät, yhdysperät sekä louhosten ylä- ja alaperät porataan panostusta varten peränporauslaitteilla. Peränporauslaite on peränajon työvaiheketjun ensimmäinen kone. Peränporauslaite aloittaa ehjästä kallioseinästä ja poraa sen panostuskuntoon. Peränporauslaitteella porataan suurimmaksi osaksi vaakasuoria yhden kangen mitaisia reikiä. Pituudeltaan syöttöyksikkö on noin 6 m ja reiät ovat noin 5,5 metriä. (Saari 2020.)



Kuva 6. Boomer E2 C peränporauslaite (Epiroc 2020a.)

Peränporauslaitteella tehdään yleensä peränajoon panostettavia reikiä. Uusimmat koneet pystyvät poraamaan yhden katkon eli porakangen pituuden mittaisia ja tunneliprofiilin tarvitseman määrän reikiä automaattisesti. Peränporauslaitteilla voidaan tehdä muitakin kalliorakentamiseen liittyviä reikiä. Suurin vahvuus peränporalaitteella on se, että kankea ei tarvitse jatkaa ja se poraa yhden valmiin reiän kerralla. Jos tarvittavan reiän pituus on alle 5,5 metriä, peränporauslaite poraa sen erittäin nopeasti. (Saari 2020.)

Peränporauslaite Boomer on Epiroc:n valmistama (Kuva 6). Epiroc on ruotsalainen yritys, joka toimii entisen Atlas Copcon louhintalaitetehtaalla. Boomerissa on alustana E-sarjan, eli isompirenkainen runko-ohjattu alusta. Boomer on dieselkäyttöinen, momentinmuunninvaihteistolla varustettu ajovoimansiirto. Boomerin laitteet ja poraus toimivat sähköhydraulisesti. Boomerissa on kaksi porapuoimaa, BUT 45 tyyppisiä, jotka ovat noin 6 metriä pitkiä. Puomissa on COP 2238 -tyyppiset poravasarat. Boomerissa on RCS 5-tyyppinen ohjausjärjestelmä (Rig Control System) kaikkein varustelluimpana versiona, jossa on porakaavion mukaan täysautomaattinen asemointi ja poraus. Peränporauslaitteita on kaksi kappaletta: Boomer E2 C22 nro3 ja Boomer E2 C22 nro4. (Atlas Copco 2013a; Epiroc 2020a; Saari 2020.)

6.2 Ruiskubetonointilaitte

Ruiskubetonointilaitteita käytetään räjäytetyn kallioseinämän tukemiseen. Yhdessä betoniverkon kanssa ruiskutettu betoni estää pienten ja keskisuurten irtopalojen eli komujen pois putoamisen, jolloin tunnelin holvin kehä pysyy kantavana. Ruiskubetonointi ei ole 100-prosenttisen varma tukemismenetelmä yksinään, sillä jos lohcareiden rajat ovat sopivassa kulmassa, tai on paljon heikkoja juonteita epäedullisiin suuntiin, tarvitaan lisäksi muita tukemismenetelmiä. Ruiskubetonoinnin kanssa käytetään lähes aina vaijeripulttitusta tai kalliopulttitusta. Betoni pitää pinnan kasassa ja estää rapisemalla tapahtuvan pinnan sortumisen. Muut tukemismenetelmät auttavat pitämään isompia kallionpaloja paikoillaan, mutta eivät puolestaan saa pintaa pysymään niin hyvin ehjänä kuin betonointi. (Saari 2020.)

Ruiskubetonointia käytetään räjäytyksen, lastauksen, rusnauksen ja verkotuksen jälkeen. Rusnaus on räjäytyksen jäljiltä olevan kalliopinnan mekaanista puhdistusta irtoavista ja putoavista kallionpaloista. Ruiskubetonointi yhdessä verkotuksen kanssa muodostaa turvallisemman työympäristön seuraaville työvaiheille. Joskus betonointi tehdään myös ennen verkotusta. (Saari 2020.)

Ruiskubetonointilaitteen puomisto on mitoitettu suhteellisen pieneen tunneliprofiiliin eli kaivoskäyttöä varten. Betoniauton tuomaa ruiskubetonia pumpataan puomistoa pitkin betoniletkuun, josta ruiskubetoni kulkeutuu ruiskutussuuttimeen, jossa siihen sekoitetaan pyörresuuttimessa paineilmaa ja kiihdytinainetta. Paineilma syöttää betonin suurella nopeudella kohteeseen ja kiihdytinaine antaa muutamassa sekunnissa seinässä olevalle betonille hiukan kovuutta, jotta betoni ei putoa seinästä pois. Loppukovettuminen tapahtuu hitaammin, kun kohde on jo valmis ja ruiskubetonointilaitte on siirtynyt pois. Kiihdytinaineet ovat joko natriumsilikaattia tai monimutkaisempia kemikaaleja, joista yksi tyyppi on alkalivapaa kiihdytin. (Saari 2020.)

Betonina käytetään sekä sementti- tai runkoaineseosta eli pelkkää betonia, että myös sementti-, runkoaine- tai kuituseosta, jolloin puhutaan kuitubetonista. Kuidut voivat olla joko teräskuituja tai muovikuituja. Kuidut parantavat betonin lohkeamisen kestoa. (Saari 2020.)



Kuva 7. Normet Spraymec LF 050 (Normet 2020.)

Spraymec-ruiskubetonointilaitteita valmistaa Normet Oy lisäalassa (Kuva 7). Spraymec LF 050 VC on sähköhydraulinen itsekulkeva ruiskubetonointilaitte. Ennen Normet suunnitteli ja kokoonpani koneen, valmisti alustan ja ohjelmalliset sähköohjaukset itse. Nykyään he valmistavat myös betonipumpun. (Normet 2020; Saari 2020.)

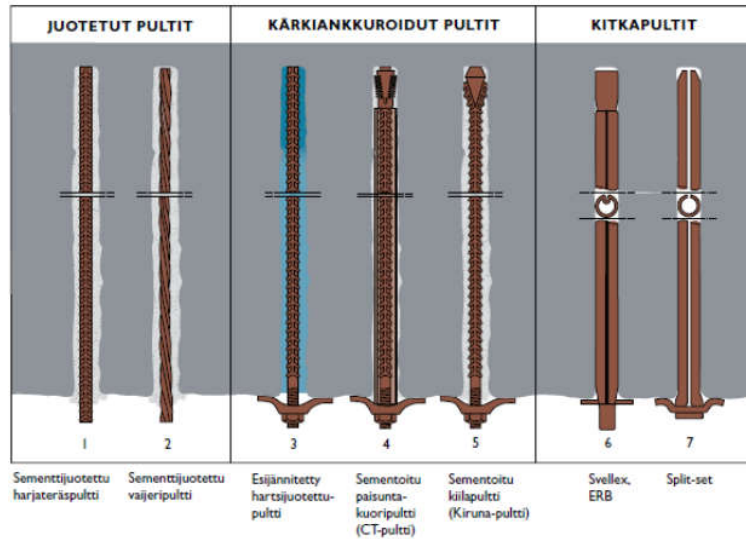
Normetilla on myös panostuslaitteita, rusnauslaitteita, kuorma-autoalustaisia työ-lavoja ja henkilö-puominostimia, sekä kaivoskuljetusajoneuvoja. Ruiskubetonointilaitteita on kaksi kappaletta: Spraymec LF 050 VC nro7 ja Spraymec LF 050 VC nro8. (Saari 2020.)

6.3 Pultitus- ja verkotuslaite

Pultitus- ja verkotuslaitteella asetellaan erillisellä puomilla betoniverkko tunnelin seinälle tai kattoon, minkä jälkeen toisella puomilla porataan ja pultataan verkon läpi isoja aluslevyjä käyttäen kalliopultteja joko kerralla tarvittava määrä, taikka muuta pulttausta täydentäen verkkojen kanssa. Jälkiverkotusta tehdään myös, jos betonointi tai verkotus on halkeillut tai irtoillut merkittävästi. (Saari 2020.)

Pulttaus ja verkotus tehdään porauksen, räjäytyksen, lastauksen ja rusnauksen jälkeen. Sen jälkeen on ruiskubetonointi, jonka jälkeen kierto on valmis ja voidaan aloittaa seuraava katko porauksella. (Saari 2020.)

Pultteina Kemin kaivoksella on käytetty rakentamisaikana vuoteen 2003 asti Split-set-kitkapultteja, CT-pultteja, jotka ovat kärkiankkuroituja yhdistelmäpultteja, sekä Swellex-kitkapultteja (Kuva 8) ja 2003 eteenpäin lähes yksinomaan Swellex-kitkapultteja. Swellex-kitkapultit laajenevat veden paineen avulla. (Saari 2020.)



Kuva 8. Tavallisimmat pulttityypit (Hakapää ym. 2015)

Boltec pulttaus- ja verkotuslaitteita valmistaa Epiroc (Kuva 9). Useista saatavilla olevista työlaitevaihtoehdoista on valittuna poravasara COP 1132 tai 1140 sekä rinnakkaiseen pulttauskelkkaan Swellex-laitteisto paineistusvesipumppuineen. Bolteceissa on RCS-järjestelmä myös, mutta sen porapaikotusominaisuutta ei juurikaan voi hyödyntää, koska pultit porataan kallion pinnan ja verkon mukaan sopiviin paikkoihin. (Atlas Copco 2010a; Saari 2020.)



Kuva 9. Boltec LC pulttaus- ja verkotuslaite (AZoMininng 2020a.)

Boltec pultitus- ja verkotuslaitteita tarvitaan kallion lujitukseen, 2,4 metrisillä pulteilla. Myös erillisellä sumuporauslaitteistolla varustettua Boltecia käytetään varustelureikien eli niin sanottujen rinttien tekoon. Rintteihin juotetaan käsin sementillä kierretankoja tai harjateräksiä ripustimiksi muun muassa kaapeleille, vesiputkille ja puhaltimille. Jos kohde on sopivasti vesiverkon ulottuvilla, eikä tarvita sumuporausta, niin kaikilla Bolteceilla voidaan tehdä rinttejä. Pultitus- ja verkotuslaitteita on kolme kappaletta: Boltec LC nro4, Boltec LC nro5 ja Boltec LC nro6. (Saari 2020.)

6.4 Vaijeripulttauslaite

Vaijeripulttausta tarvitaan louhosten yläperien ja alaperien tukemiseen, erityisesti paikoissa, joissa louhittuun perään liittyy muutakin louhittua tilaa, esimerkiksi yläperästä alaspäin laajenevasti muodostetaan louhos. Silloin vaijeripulttaus estää yläperän kattoa sekä louhosta sortumasta ja auttaa pysymään muodossaan, kun alta katoaa tukeva kallio. Myös isommissa, pysyvissä tunneleissa käytetään vaijeripulttausta, jos kivilaatu vaatii sen. (Saari 2020.)

Vaijeripulttausta käytetään myös, jos tehdään kalliorakenteita, joissa ei voida hyödyntää puhtaasti holvimaista rakennetta. Tällainen rakenne on esimerkiksi murskaamohallissa, jossa on monia halkileikkausmuotoja. Silloin rasitetut kohdat, kuten esimerkiksi nosturiradan alla olevat ei-holvimaiset seinät on pakko vaijeripultata tiheästi. (Saari 2020.)

Vaijeripulttaus tehdään yleensä yhtenä pitkänä työvaiheena, kun louhosperä on saatu valmiiksi. Myös risteyskohtia lisävaijeroidaan, jos kallionhalkeilua tai -liikkeitä on alueilla, joissa tuotantoliikennettä vielä on. Näitä alueita on pakko vaijeroida lisää. (Saari 2020.)

Vaijeripultitus sitoo resursseja, sekä pääomaa. Vaijeripultituslaite on monimutkainen ja suhteellisen kallis, sekä mukana kuluu tavallisen porakaluston lisäksi myös teräspunosta ja sementtiä. Vaijeripultituslaitteella on paljon järjestelmiä ja laitteita ja siksi varaosiakin kuluu paljon. Muun muassa vaijerileikkuri on kuluva osa ja erittäin kallis. (Saari 2020.)

Vaijeripulttauslaitteella porataan Simba- tyyppisellä poralaitteella jatkotankokaluustolla 8-10 metrin syviä reikiä, joihin kone sitten pumppaa sementtipastaa ja lopuksi syöttää reikään lujaa teräspunosvaijeria. Kun sementti kovettuu, vaijeri asettuu reikään pysyvästi. Sen jälkeen vaijerin päähän, jota näkyy koneen jäljiltä noin 0,5 metriä, asetetaan vetotunkki ja vaijeria jännitetään. Jännitetty vaijeri lukitaan isolla aluslevyllä ja lukolla kallion pintaan niin, että jännitys jää vaijeriin. Tällä tavalla parannetaan tukemisen jäykkyyttä. (Saari 2020.)



Kuva 10. Cabletec LC vaijeripulttauslaite (Epiroc 2020b.)

Cabletec-vaijeripulttauslaitteita valmistaa Epiroc (Kuva 10). Nykyinen Cabletec-tyyppinen kaksipuominen kone on kehitetty Kemin kaivoksen siirtyessä maan alle. Sen periaate, että oma erillinen puomi poraa ja toinen erikseen hallittava puomi juottaa ja vaijeri, on osoittautunut erittäin tehokkaaksi toimivaksi ja nykyään myös Epirocin kilpailija toimittaa samalla periaatteella olevaa konetta. Poraminen tapahtuu Epirocin Simba- tyyppisellä syöttö ja kangenkäsittelylaitteisto kokonaisuudella ja poravasaraa käytetään COP 1838 tai 2238 tyyppistä poravasaraa. (Atlas Copco 2010b; Saari 2020.)

Vaijeripulttauslaitteita on kolme kappaletta: Cabletec LC nro2, Cabletec LC nro3 ja Cabletec E nro4.

6.5 Louhintaporauslaitteet

Louhintaporauslaitteilla porataan tarkan suunnitelman mukaisesti panostusreikiä louhittavaan malmimassaan. Louhoksen avauksessa käytetään tiheämmässä olevia reikiä ja sen jälkeen etenevässä louhinnassa niin sanottuja viuhkoja, joissa reiät on porattu viuhkan muotoon. Muoto riippuu siitä, porataanko ala- vai yläkä-tisiä reikiä. Viuhkoja tehdään peräkkäin niin monta kuin louhos vaatii. Reikäkoko, reikien väli ja viuhkojen väli riippuu ominaispanostuksesta eli montako kiloa rä-jähdettä panostetaan irrotettua malmitonnia kohti. Tavoitteena on aina saada ta-sainen rikkoutuminen, mahdollisimman vähän ylisuuria tai liian hienoksi jauhau-tuneita raekokoja. Ominaispanostus vaikuttaa myös louhinnan hintaan, mutta en-nen kaikkea louhinnan onnistumiseen sekä louheen käyttökelpoisuuteen jatko-prosesseissa. Louhintaporauslaitteita käytetään, kun louhintaporauslaitteiden varten tehty perä on saatu täyteen mittaansa ja tuettu valmiiksi. (Saari 2020.)

Louhintaporauslaitteita tarvitaan panostettavien reikien tekoon, pääasiassa mal-min irrotuksessa, mutta myös tarvittaessa muiden kalliorakenteiden tekoon, ku-ten esimerkiksi sillojen ja pengerialueiden maanalaisten tilojen tekoon. Louhin-taporauslaitteiden reikäpituus on yleensä 5-20 m. Reikä tehdään jatkotanko- tai put-kikalustolla. (Saari 2020.)



Kuva 11. Simba M7C louhintaporauslaite (AZoMining 2020b.)

Simba-louhintaporauslaitteita valmistaa Epiroc (Kuva 11). Simbassa on saman-lainen syöttö ja kangenkäsittelylaitteisto kuin Cabletecissa ja Scania Simbassa.

Simbassa käytetään COP 1838- tai 2238 -tyyppistä poravasaraa. Louhintaporauslaitteita on kolme kappaletta: Simba M7C L nro4, Simba ME7C nro6 ja Simba ME7C nro7. (Atlas Copco 2013b; Saari 2020.)

6.5.1 Avausreikäkone Rhino 100 HM

Rhino 100 HM on TRB:n valmistama avausreikäkone (Kuva 12). Rhinon metsäkoneen alustan ja päällysrakenteet on tehnyt John Deere. Poralaitteet sekä ohjelmat ja sähkölaitteet on tehnyt TRB, joka on Sandvik-konsernissa toimiva, vain näitä laitteita tekevä pieni yksikkö. (Saari 2020.)



Kuva 12. RHINO 100 HM nro 1. (Outokumpu 2013.)

Rhinoa käytetään louhoksessa ensimmäisten reikien, niin sanottujen avausreikien tekoon, joita ei panosteta. Reiät toimivat vapaana laajentumistilana ensimmäisten panostettujen reikien irrottamille kiville. Ilman tätä vapaata tilaa räjähdys tekisi vain lukon. Se tarkoittaa irtoamatta jäänyttä kalliota, jossa räjähdyspaine jää reikiin, ja sen takia kiven irtoamista ei tapahdu. (Saari 2020.)

Rhino tekee reikiä kiertoporausmenetelmällä, eli poraa painetaan ja pyöritetään. Ensimmäisen menevä pilottiterä tekee noin 300 mm reikää ja perässä tuleva reamer, eli avarrusterä tekee 700 mm reikää. Avarrusreikä tai useampi reikä porataan siis louhoksen aloituskohtaan, alaperästä yläperään, korkeussuunnassa koko louhoksen läpi. Rhino poraa jatkettavalla putkikalustolla. (Saari 2020.)

Testattavaksi on tulossa Rhino, jolla porattaisiin alakätisesti ja vain pilottireikää. Siten oletetaan saatavan nopeammin ja pienemmillä poralaitteen kulumisilla avausreiät. Haasteena on saada porausjäte eli soija reiästä ylös. Jos reikä ei pysy soijasta puhtaana, ei poraus voi edetä kuin hiukan ja terä jumittuu kiinni. Uudessa menetelmässä käytetään paineilman ja vesisumun yhdistelmää, eli paineilman puhdistuskykyä ja vesisumua sitomassa pölyä. (Saari 2020.)

6.5.2 Scania Simba

Scania Simba (Kuva 13) on Atlas Copcon, nykyään Epiroc, valmistama, Scania kuorma-auton alustalle asennettu Simba-laitteistoon perustuva DTH -porausta käyttävä poralaite. Poralaite pyörittää poraa ja vasaroi porakruunussa reiän pohjalla olevalla paineilmavasarella yhtä aikaa. Poraputkea jatkettaessa paineilma-vasara pysyy kruunussa kiinni ja kulkee reiän pohjaan asti mukana. (Saari 2020.)

Scania Simba vaatii tehokkaan kompressorin ja semmoinen on kiinteästi asennettuna samaan alustaan. Scania Simba tekee maksimissaan 254 mm reikiä. Scania Simbaa käytetään sekä louhoksen avauksen tekoon, että myös erilaisten putkiläpivientien tekoon. (Saari 2020.)



Kuva 13. Scania Simba (Outokumpu 2011.)

7 MEKAANISET VIAT

Mekaanisten vikojen tutkiminen valittiin aiheeksi, koska ne vievät paljon aikaa kaivoskoneen tuotannon ajasta. Liitteestä 1 nähdään kaivoskoneiden häiriöt (kuvat 4-9). Häiriöistä tarkastellaan remontti -osaa. Ajanjakso, joka valittiin, on 1.4.2019-31.3.2020. Tämä ajanjakso valittiin sen takia, koska tällä ajanjaksolla mekaaniset viat esiintyvät useammin kuin esimerkiksi kuukauden aikana. Pitempi tarkasteluväli antaa paremman kuvan häiriöistä. Ajanjakson ajalta tarkasteltavat remontit selvitettiin KUHA:sta löytyvän käytettävyys ohjelman kautta.

Kaivoskoneen käytön aikana esiintyvät mekaaniset viat pienentävät koneiden käytettävyyttä. Mekaaniset viat voivat kestää muutamasta minuutista useampaan vuorokauteen riippuen vian vakavuudesta, laadusta ja varaosien saatavuudesta. Mekaanisia vikoja voi aiheuttaa esimerkiksi kivien putoaminen louhoksen seiniltä ja katolta, jolloin se saattaa esimerkiksi osua porapuomiin tai letkuihin.

Kaksi eniten aikaa vievää mekaanista vikaa selvitettiin KUHA:sta Excel-taulukon avulla, josta saatiin listaamalla kaivoskoneiden käytettävyys ja operaattorien ilmoittamat mekaaniset viat. Taulukon avulla saatiin tietoon, mitkä kaksi vikaa esiintyvät useimmiten ja kuinka kauan ne kestävät. Toisesta Excel-taulukosta (Liite 2) nähdään valitun ajanjakson häiriöiden kestot. Häiriöistä tarkastellaan remontteihin mennyttä aikaa. Remontteihin on mennyt yhteensä 7177,3 tuntia. Kaksi eniten esiintyvää vikaa ovat letkurikot sekä porakalustoon kuuluvien tarvikkeiden toimitus kaivoskoneille, jotka liikkuvan kaluston kunnossapitoasentajat veivät. Letkurikkojen osuus remonttiajasta on 24,26 %. Porakaluston viennin osuus remonttiajasta on 2,50 %.

7.1 Letkurikko

Letkuviat ovat yleisimpiä vikoja kaivoskoneissa. Letkuviat aiheutuvat yleensä letkujen kulumisesta, sillä letkut saattavat käyttäessä osua seiniin tai maahan. Joskus letkut voivat mennä vanhuuttaan poikki. Letkujen pituus vaikuttaa siihen, miten letku kestää käyttöä, koska liian pitkä letku osuu todennäköisemmin maahan kuin oikean mittainen letku.

Letkuvikojen vikakeikat vievät paljon aikaa, sillä useasti asentaja ajaa ensin koneelle irrottamaan letkun ja sen jälkeen asentaja ajaa takaisin halliin tekemään letkun. Letkun teon jälkeen asentaja ajaa koneelle ja asentaa letkun paikoilleen ja ajaa sitten takaisin huoltohallille tai toiselle vikakeikalle. Edestakaisin ajo vie eniten aikaa letkuvikojen vikakeikoissa. Aikaa vie myös letkun sijainti koneessa ja se onko letkut letkunsuojaspiraalissa. Jos letku on mennyt alustasta, niin sen vaihto vie enemmän aikaa kuin puomissa olevan letkun vaihto.

Osalta operaattorilta on kysytty, mitä letkuja menee usein. Nämä letkut ovat usein vasaran letkuja.

7.2 Porakaluston vienti

Porakalustoon liittyviä tarvikkeita ja materiaaleja toimitetaan kaivoskoneille. Tarvikkeita ovat muun muassa öljyt, kanget, niskat ja suojaputket. Porakaluston tarvikkeiden toimitus kaivoskoneelle ei katkaise kallion poraamista, jos ne eivät ole loppuneet kesken. "Porakaluston vienti" ei ole mekaaninen vika, mutta näiden vienti vie paljon aikaa liikkuvan kaluston kunnossapitoasentajilta. Kunnossapidon asentajat vievät näitä kaivoskoneille, jos ne ovat loppuneet. Tämä tarkoittaa sitä, että kunnossapitoasentaja keskeyttää koneen huollon huoltohallissa, koska asentajan täytyy lähteä viemään porakalustoa käytössä olevalle koneelle. Operaattori ilmoittaa puuttuvista tarvikkeista tuotannonohjaajalle, joka ilmoittaa kunnossapidolle.

8 SUUNNITELMAT

Molemmille mekaanisille vioille tehtiin kaksi suunnitelmaa. Suunnitelmissa on yksityiskohtainen kuvaus siitä, mitä materiaaleja tarvitaan ja millä tavalla ne on toteutettava, jotta suunnitelmat toimivat.

8.1 Suunnitelmat letkurikoille

Letkurikoille tehtiin suunnitelmat, joista ensimmäinen suunnitelma on tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle ja toinen suunnitelma on vain liikkuvan kaluston kunnossapidolle.

8.1.1 Suunnitelma tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle

Letkuja tehdään valmiiksi jokaiselle koneelle 3-5 kappaletta. Letkut ovat letkuke-loista leikattavia. Letkut, jotka tehdään valmiiksi ovat sellaisia letkuja, mitkä rikkoontuvat yleensä. Valmiiksi tehtävien letkujen pituus on maksimissaan 2500 mm. Koneille valmiiksi tehtäviä letkuja tekevät operaattorit ja kunnossapitoasentajat yhdessä. Myös Ahlsell voisi valmistaa letkuja valmiiksi. Kunnossapitoasentajat merkitsevät letkut. Valmiita letkuja varastoidaan letkuntekohallissa kartoitettuun paikkaan ja kaivoskoneisiin sijoitetaan semmoiseen paikkaan (Kuva 14), missä ne pysyvät ehjänä. Letkuntekohallissa sijaitsevaan säilytyspaikkaan merkitään mikä letku on kyseessä ja mihin koneeseen letku on tarkoitettu. Koneella sijaitsevien letkujen merkinnät tehdään laminoituun taulukkoon (Liite 3), josta nähdään letkun pituus ja tyyppi, liittimien avainkoko ja mihin se letku on. Jokaiselle koneelle tulee oma laminoitu taulukko letkujen tiedoista. Letkujen holkeista ja liittimistä voisi pitää koulutuksia, jotta operaattorit ja asentajat tunnistavat oikeat holkit ja liittimet oikean kokosiin letkuihin. Letkujen kudostyyppit olisi tärkeää tietää letkurikkoa ilmoittaessa. Letkujen valmistamiseen voisi pitää koulutuksen niille, jotka eivät osaa vielä tehdä letkua.

Letkujen merkitsemisen avulla rikkoontunut letku voidaan tehdä ilman koneella käyntiä. Letkut voidaan joko tehdä tai ottaa valmis letku varastosta. Koneilla on valmiita letkuja sitä varten, että operaattori voi letkun vaihtaa ilman, että asentaja menee koneelle. Letkujen merkitsemiseen käytetään kutistesukkia ja eri värisiä

nippusiteitä. Letkua merkitään numeroiden ja värien avulla. Kutistesukkaan tulee letkun numero, jonka avulla letkun tiedot voidaan katsoa listasta. Rikkoontuneen letkun numero ja väri ilmoitetaan vian ilmetessä, jos koneella ei ole valmista letkua. Ilmoitetut tiedot ilmoitetaan asentajalle, jotta letku voidaan tehdä ennen koneelle menoa. Valmiina olevan letkun käyttöön ottamisesta pitää ilmoittaa, jotta koneella olisi jokaista valmiina olevaa letkua myöhemminkin.

Yleisimpiä letkuja, jotka menevät rikki, ovat vasaraan kiinnittyvät letkut. Näitä letkuja ovat muun muassa iskunletkut ja vesiletkut. Louhintaporauslaitteessa iskunletkun ja vesiletkun lisäksi pyöritysmoottorinletku on yksi yleisimmistä letkuista, joka menee rikki. Peränporauslaitteista, pultitus- ja verkotuslaitteista ja vaijeripultauslaitteista yleisimmin rikki meneviä letkuja ovat iskunletkut ja vesiletkut.



Kuva 14. Esimerkki valmiiden letkujen varastoinnista kaivoskoneella. (Boliden 2020.)

Jos letkurikko on tapahtunut sellaiselle letkulle, jota ei ole tehty valmiiksi, tulee operaattorin mitata letkun pituus ja halkaisija sekä liittimien halkaisija, jos mahdollista. Operaattorin tulee ilmoittaa vian ilmetessä letkun mitat ja liittimien halkaisija. Letkun pituus mitataan holkista holkkiin. Jotta pituuden saa mitattua, tulee letku irrottaa valmiiksi. Jos letkua ei pysty mitoittamaan, tulisi letku irrottaa valmiiksi ja ilmoittaa siitä tuotannonohjaajalle tai suoraan kunnossapidolle. Jos letku on sellaisessa paikassa, että sitä ei saa yksin irrotettua tai sitä ei pysty paikantamaan koneen hytistä, ilmoitetaan siitä tuotannonohjaajalle tai suoraan kunnossapidolle. Tällöin kunnossapitoasentaja tulee koneelle etsimään letkun ja irrottaa sen operaattorin kanssa.

Kunnossapitoasentajille letkujen pituuden mittaamisen avuksi voisi ottaa käyttöön muovipäälysteisen vaijerin, jossa olisi toisessa päässä silmukka tai rengas. Silmukan pitää olla suurennettava ja pienennettävä eri kokoisten letkujen vuoksi. Rengas pitää olla irrotettava ja vaihdettava, sillä letkuja on monen paksuisia ja pituisia. Vaijeri pujotetaan rikkinäisen letkun toisesta päästä. Tämä auttaa letkun mittaamisessa, jos letku on letkunsuojaspiraalissa. Letkunsuojaspiraalissa on yleensä monta letkua, mikä hankaloittaa yksittäisen letkun pituuden mittaamista, sillä letkunsuojaspiraalin purkaminen vie paljon aikaa.

8.1.2 Suunnitelma liikkuvan kaluston kunnossapidolle

Kunnossapitoasentajat valmistavat eniten rikki meneviä letkuja valmiiksi. Valmiina oleville letkuille suunnitellaan paikka mihin niitä voisi laittaa säilöön. Uusi letku valmistetaan valmiiksi aina kun koneelle on haettu tarvittava letku. Kunnossapitoasentajat merkitsevät letkut. Jos operaattori ei saa mitoittettua rikkinäistä letkua, tulee kunnossapitoasentajan hakea koneelta letku ja mennä huoltohalliin tekemään uusi letku.

Kunnossapidolle tarvitaan pakettiauto letkujen tekemistä varten. Pakettiauton tulee olla sellainen, että sinne mahtuu kaikki tarvittavat materiaalit ja työkalut. Pakettiautossa tulee olla letkuja, liittimiä ja holkkeja, jotta letkuja voidaan tehdä kaisvokoneella valmiiksi. Pakettiautossa tulee olla myös paikka, jossa leikata letku oikean pituiseksi. Autossa tulee samat työkalut, kuten letkun leikkaamiseen saha,

letkuliittimen puristamiseen hydraulinen letkuliitinpuristin ja kuorintaan tarvittavat työkalut.

Letkujen pituuden mittaamisen avuksi voitaisiin ottaa käyttöön muovipäällysteinen vaijeri. Vaijeri nopeuttaa letkun mittaamista, varsinkin jos letku on letkunsuojaspiraalissa. Näitä vaijereita voisi olla jokaisella huoltohallin huoltopaikalla. Vaijerin käytöstä on kerrottu tuotannon ja liikkuvan kaluston kunnossapidon suunnitelmassa.

8.2 Porakaluston vienti

Porakaluston viennille tehtiin suunnitelmat, joista ensimmäinen suunnitelma on tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle, ja toinen suunnitelma on vain liikkuvan kaluston kunnossapidolle.

8.2.1 Suunnitelma tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle

Kun operaattorilla on kone huollossa ja hän on huoltamassa konetta kunnossapitoasentajan kanssa, operaattori voisi tehdä ne vikakeikat, jotka ovat porakaluston vientiä. Toinen vaihtoehto olisi, että ne operaattorit, joiden koneella ei ole työkohdetta, voisivat viedä porakalustoa niitä tarvitseville. Tuotannon varmistaja veisi koneelle puuttuvat tarvikkeet. Tuotannon varmistajalla täytyy olla sellainen auto käytössä, mihin voi sijoittaa kankia ja öljyä.

Maan pinnalle voisi sijoittaa varaston porakalustolle, mistä operaattorit voisivat hakea porakaluston täydennystä ennen koneelle menoa. Vuoron alussa operaattori käy hakemassa puuttuvat tarvikkeet varastosta autoon. Vuoron lopussa operaattori tarkistaa porakaluston tilanteen, tarvitseeko koneelle tuoda lisää tarvikkeita. Operaattoreiden lava-autoihin voitaisiin asentaa kankitelineet.

Tarpeen vaatiessa operaattorit voisivat tauon jälkeen hakea varastosta tarvittavat tarvikkeet. Tällä tavalla kunnossapitoasentajien ei tarvitsisi keskeyttää huoltoa ja he olisivat käytettävissä vikakeikkoihin.

8.2.2 Suunnitelma liikkuvan kaluston kunnossapidolle

Vuorossa oleva tarkistaa ennen vuoron loppua, onko koneilla porakalustoa tarpeeksi valmiina. Vuoronvaihdossa asentaja kertoo seuraavan vuoron asentajalle, mille koneelle tarvitaan porakalustoa lisää. Kunnossapitoasentajien vaihtuneisiin autoihin asentaa kankiteline, joka helpottaa kankien viemistä koneelle. Porakaluston vienti vie kunnossapitoasentajilta aikaa, sillä heidän täytyy keskeyttää huollossa olevan koneen huolto tai hallissa oleva remontti, jos koneella ei ole toista asentajaa huoltamassa tai remontoimassa konetta. Muiden vikakeikkojen kesto pitenee, jos asentaja joutuu viemään porakalustoa toiselle koneelle.

8.3 Letkujen vaihtoehtoisia merkintätapoja

Letkuja merkitään kutistesukalla ja värillisillä nippusiteillä. Kutistesukassa on numerokoodi ja nippusiteen väri kertovat sen mihin kohtaa konetta letku on tarkoitettu. Letkuille on tehty taulukko, mistä löytyy letkujen pituus, halkaisija ja tyyppi sekä liittimet ja holkit.

Letkuvikojen merkitsemiseen on muitakin merkintätapoja, kuin kutistesukka, jossa on numerokoodi, ja eri värisiä nippusiteitä. Letkuihin on olemassa erilaisia merkintätapoja, kuten esimerkiksi merkintäsiteellä tai RFID-lähettimellä oleva teräksisellä nippusiteellä. RFID-lähettimellä oleva nippusiteen avulla letkun tunnistaminen on nopeaa ja helpottaa letkun tietojen lukemista. RFID-lähettimellä varustettu teräksinen nippuside kestää vaikeimmissakin käyttöympäristöissä. Lähettimessä olevan sirun lukemiseen ei tarvita kosketusta. RFID-lähetin luetaan erillisellä kannettavalla lukijalla, josta nähdään letkun tiedot. Näiden tietojen avulla kunnossapitoasentaja voi joko tehdä uuden letkun tai ottaa varastosta valmiin letkun, jos koneella ei ole valmista letkua.

Tässä työssä ei lähdetty kokeilemaan uutta merkintätapaa, sillä käytössä olevaa tapaa halutaan käyttää vielä.

9 POHDINTA

Opinnäytetyön valmistuminen sujui omalta osaltani melkein ongelmitta, mutta työn eteneminen hidastui COVID-19-tilanteen takia sekä henkilökohtaisista syistä. Työhön sain hyvin materiaalia sisäisistä järjestelmistä sekä sain tärkeitä tietoja liikkuvan kaluston kunnossapidosta, asentajilta ja työnjohtajilta. Näiden lisäksi myös operaattorit kertoivat heidän näkökulmiaan työhön liittyen.

Tavoitteena oli saada selville kaksi mekaanista vikaa, jotka lyhentävät eniten kaivoskoneiden käytön aikaa. Näille kahdelle mekaaniselle vialle piti tehdä kummallakin kaksi suunnitelmaa, joista suunnitelma 1 on tuotannolle ja liikkuvan kaluston kunnossapidolle ja suunnitelma 2 on pelkästään liikkuvan kaluston kunnossapidolle. Mekaanisten vikojen analysointi oli yllättävän helppoa, koska Excelin avulla sain tarvittavat luvut laskettua. Analysoinnin aikana ilmeni, kuinka iso osa remonteista on letkurikkoja, jotka vievät suurimman osan remonttiajasta. Porakaluston vienti ei ole sinänsä mekaaninen vika, mutta se merkitään järjestelmään mekaanisena häiriönä ja se vie paljon kunnossapidon resursseista. Osaa porakaluston vienneistä ei ole merkitty ylös, sillä niistä on ilmoitettu ennen kuin kaivoskone on joutunut pysähtymään häiriön takia.

Suunnitelmien tekeminen oli osittain haastavaa, sillä suunnitelmien pohjalta pidetään koulutukset. Suunnitelmien täytyi olla helposti ymmärrettävissä ja niissä täytyi olla kaikki tarvittavien materiaalien tietoja ylhäällä, kuten valmiiksi tehtävien letkujen tiedot. Letkujen holkeista ja liittimistä voisi pitää koulutuksia operaattoreille ja asentajille, jotta he tunnistaisivat oikeanlaiset holkit ja liittimet oikean koosiin letkuihin. Letkujen kudostyyppit olisivat tärkeitä tietää letkurikkoa ilmoittaessa, joten niistäkin voisi pitää koulutuksia. Letkujen valmistamisesta voisi pitää myös koulutuksen niille, jotka eivät osaa vielä tehdä letkua.

Suunnitelmia ei ole vielä kokeiltu, sillä niitä ei ole pystytty kokeilemaan, koska ne ei olleet valmiita.

LÄHTEET

Atlas Copco. 2007. Mining methods in underground mining. Viitattu 29.3.2020. https://miningandblasting.files.wordpress.com/2009/09/mining_methods_underground_mining.pdf

Atlas Copco. 2010a. Boltec LC. Viitattu 20.4.2020. https://ics-documents.s3.amazonaws.com/attachments/v1/99148f0d/b78d/47d8/9a38/c29f9a417d2f/679/technical_specification_boltec_lc.pdf

– 2010b. Cabletec LC. Viitattu 20.4.2020. http://www.fullboarmining.com.au/uploads/1/9/8/0/19807637/technical_specification_cabletec_lc_9851_2367_01d_tcm795-1533088.pdf

Atlas Copco. 2013a. Boomer E2 C. Viitattu 20.4.2020. http://www.mining-china.com/uploads/attachment/path/105/Boomer_E2_C_____pdf

– 2013b. Simba ME7 C. Viitattu 20.4.2020. <http://www.m-m-c.ru/attachments/article/123/Simba%20ME7%20C.pdf>

AZoMining. 2020a. Fully Mechanized Rock Bolting - Boltec LC from Atlas Copco. Viitattu 10.3.2020. <https://www.azomining.com/equipment-details.aspx?EquipID=975>

– 2020b. Long-Hole Drilling Rig Simba M7 C from Atlas Copco. Viitattu 10.3.2020. <https://www.azomining.com/equipment-details.aspx?EquipID=943>

Boliden. 2020. Pictures. Sähköposti veera.palokangas.ext@outokumpu.com 11.5.2020.

Epiroc. 2020a. Boomer E. Viitattu 5.3.2020. <https://www.epiroc.com/en-fi/products/drill-rigs/face-drill-rigs/boomer-e>

– 2020b. Cabletec L. Viitattu 27.5.2020. <https://www.epiroc.com/en-nz/products/rock-reinforcement/cable-bolting-rigs/cabletec-l>

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

Järviö, J., Piispa, T., Parantainen, T. & Åström, T. 2007. Kunnossapito. 4. Painos. Helsinki: KP-Media.

Kaivosvastuu. 2020. Outokumpu Chrome Oy. Viitattu 24.2.2020 <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/outokumpu-chrome-oy-2-2/>

Kautto, J. 2014. Kunnonvalvonnan ja diagnostiikan mahdollisuudet. Viitattu 22.5.2020. <https://www.businessoulu.com/media/teollisuusforum-materiaalit/ou-lusta-kaivosalan-yrityskeskittyma-tulosseminaari-27.2.2014/06-juha-kautto-outotec-kunnonvalvonnan-ja-diagnostiikan-mahdollisuudet-20140227.pdf>

Kuisma, M. 1985. Outokumpu 1910-1985. Forssa: Outokumpu Oy.

Normet. 2020a. Laitteet. Viitattu 24.2.2020. <https://www.normet.com/fi/tuote-tyyppi/laitteet/>

– 2020b. Spraymec LF 050 DC. Viitattu 20.4.2020. <https://www.normet.com/fi/tuote/spraymec-lf-050-dc-3/>

Outokumpu 2011. Outokummun sisäinen tietokanta. Viitattu 1.4.2020.

Outokumpu 2013. Outokummun sisäinen tietokanta. Viitattu 1.4.2020.

Outokumpu. 2020a.Ferrochrome. <https://www.outokumpu.com/about-outokumpu/organization/ferrochrome>

– 2020b. Kemi Mine. Viitattu 2.3.2020. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/locations/kemimine>

– 2020c. Outokummun historia. Viitattu 2.3.2020. <https://www.outokumpu.com/fi-fi/about-outokumpu/history-of-outokumpu>

– 2020d. Outokummun sisäinen intranet. Viitattu 2.3.2020.

PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys.

PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys.

Saari, M. 2020a. Kaivoskoneet. Sähköposti veera.palokangas@hotmail.com 1.4.2020. Tulostettu 2.4.2020.

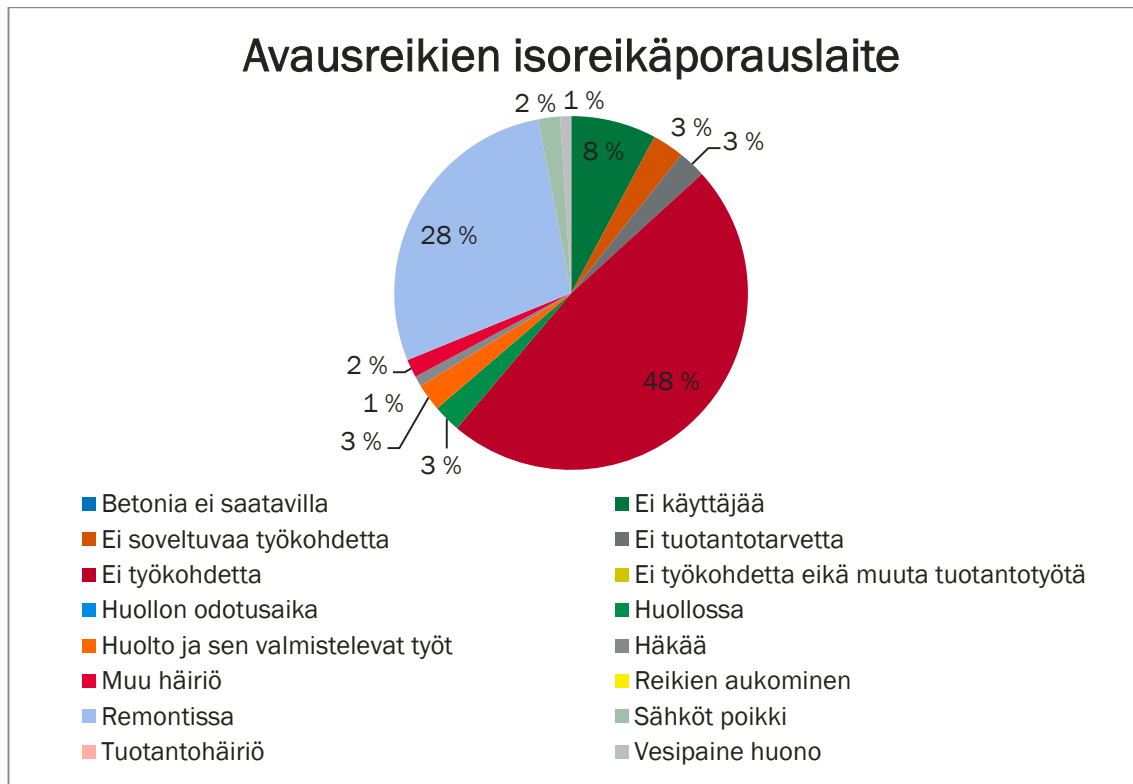
Saari, M. 2020b. Liikkuvan kaluston kunnossapidon haastattelu. Sähköposti veera.palokangas@hotmail.com 5.4.2020. Tulostettu 7.4.2020.

SFS-EN 13306. 2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: SFS.

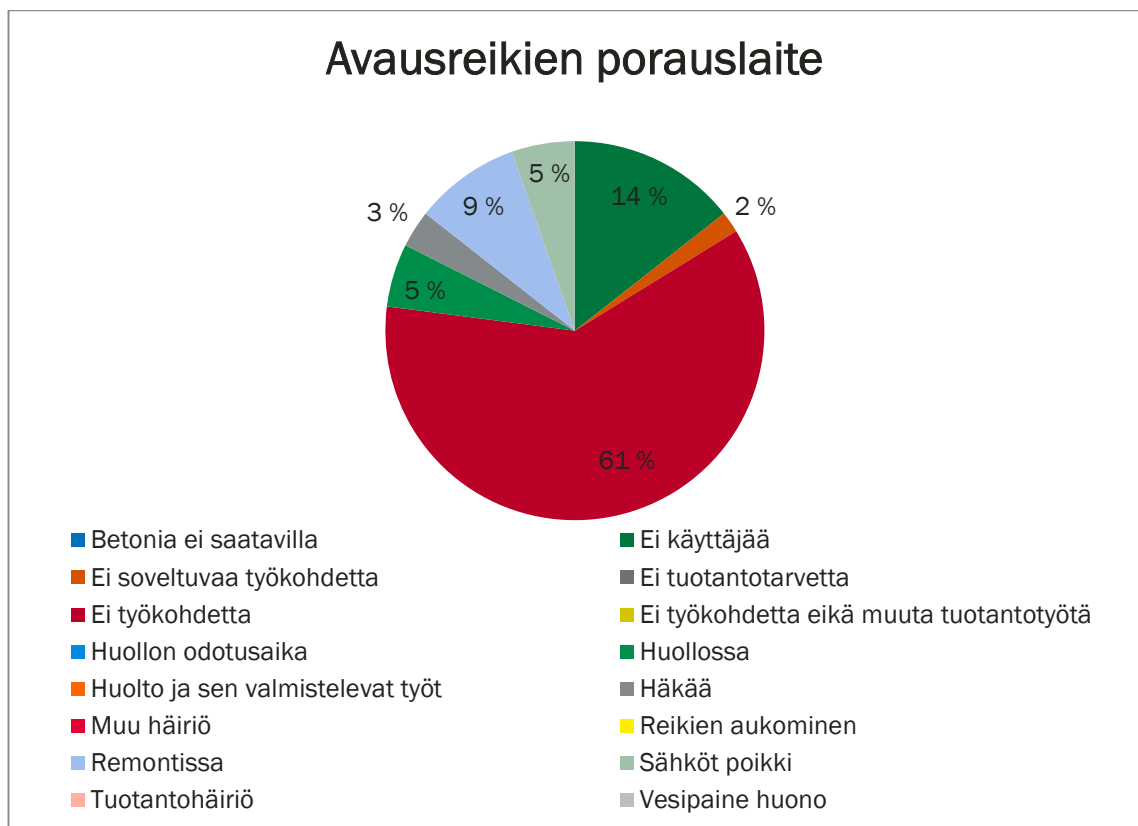
LIITTEET

- Liite 1. Kaivoskoneiden häiriö kuviot
- Liite 2. Kaivoskoneiden häiriöiden kesto
- Liite 3. Kaivoskoneiden valmiit letkut

Liite 1 1(4) Kaivoskoneiden häiriö kuviot

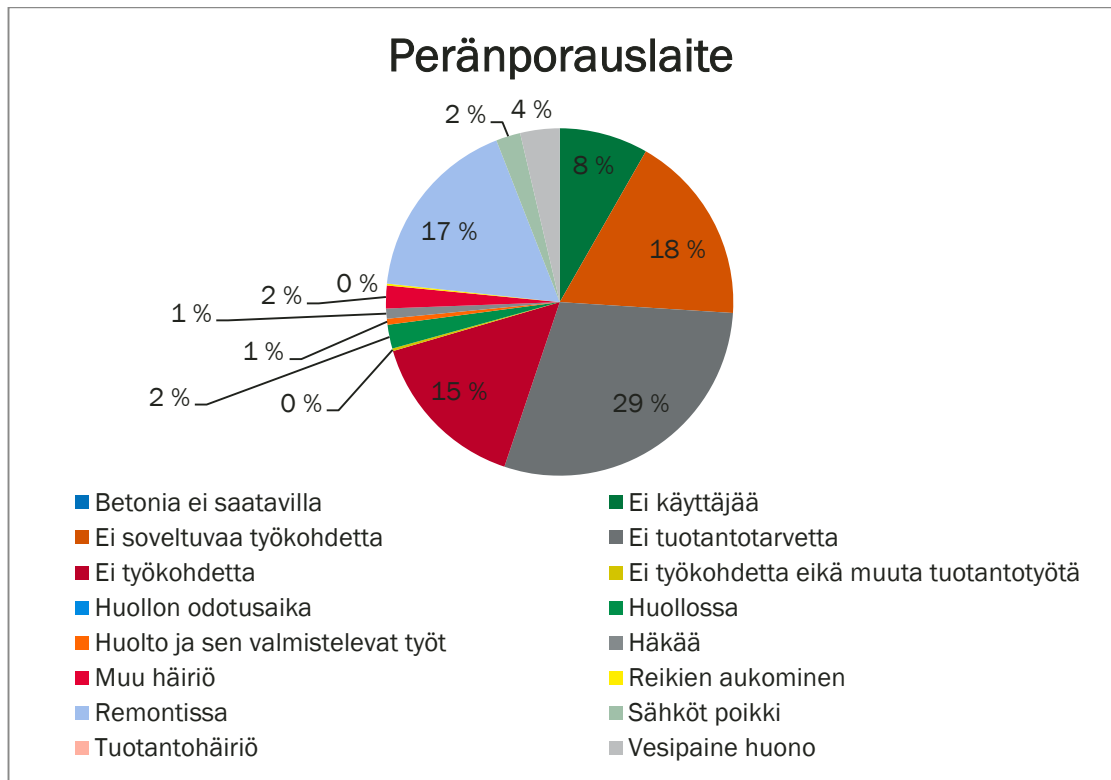


Kuvio 4. Avausreikien isoreikäporauslaitteen häiriöt.

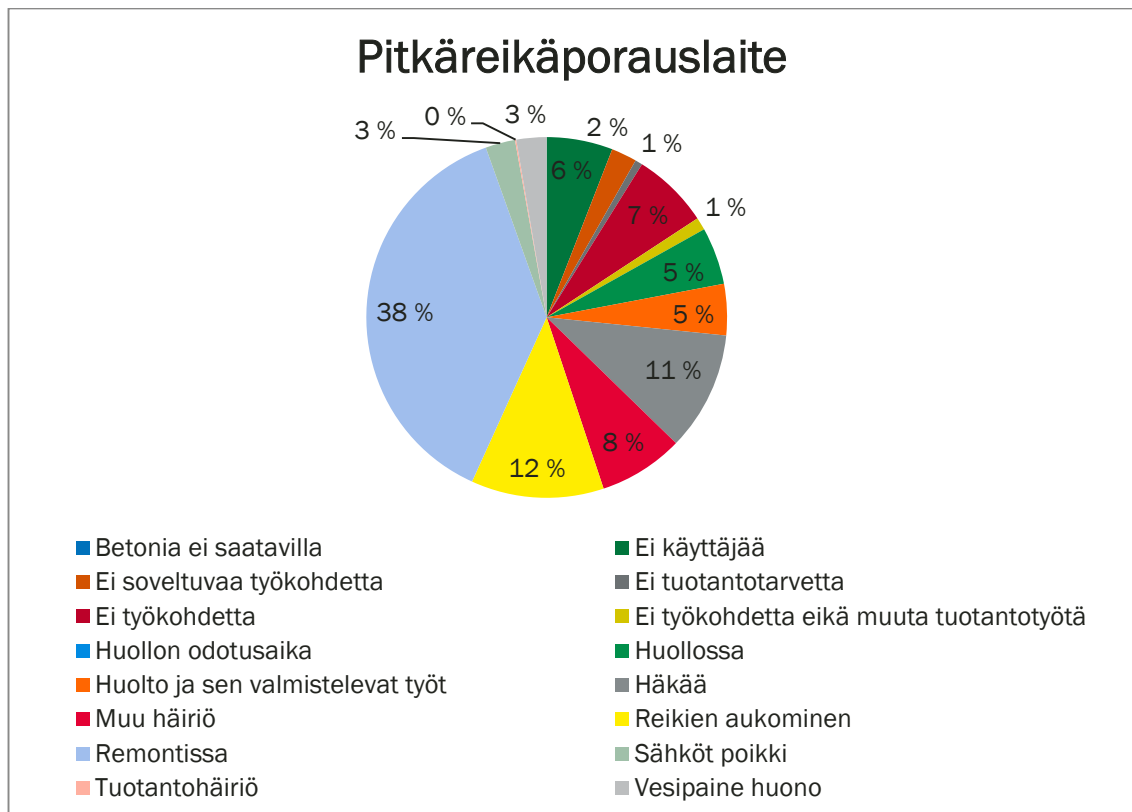


Kuvio 5. Avausreikien porauslaitteen häiriöt.

Liite 1 2(4) Kaivoskoneiden häiriö kuviot

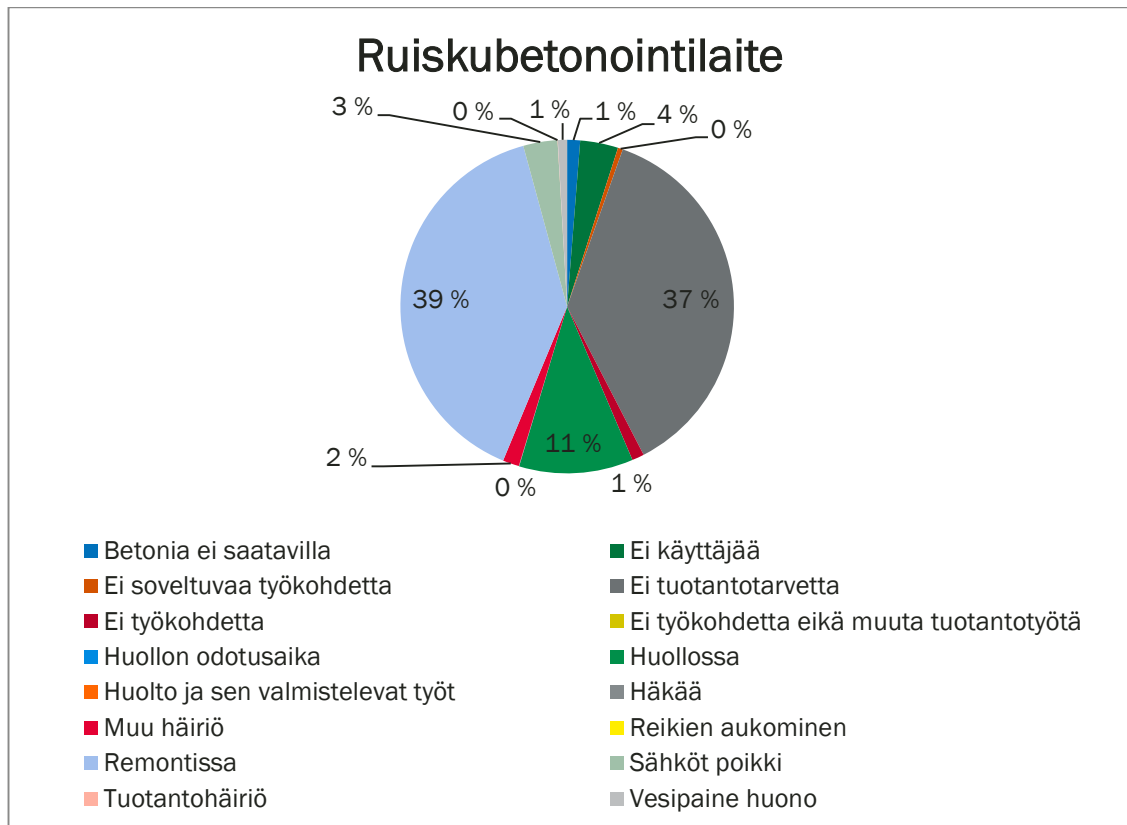


Kuvio 6. Peränporauslaitteiden häiriöt.

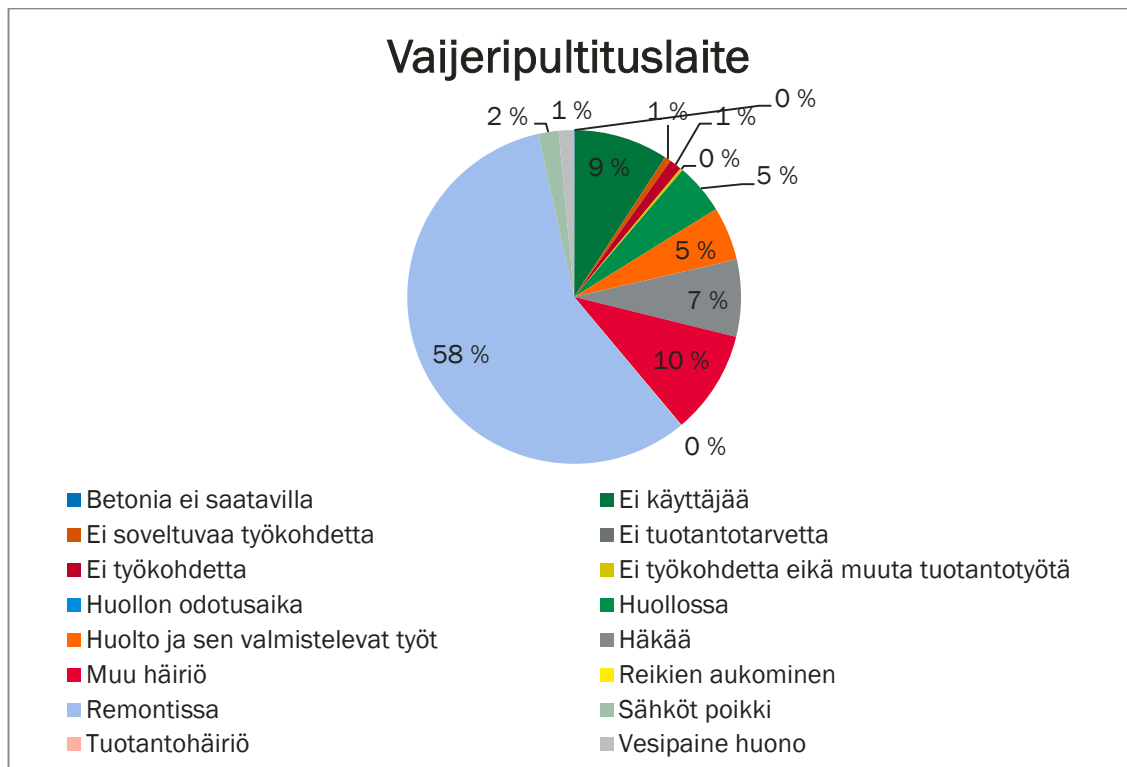


Kuvio 7. Pitkäreikäporauslaitteiden häiriöt.

Liite 1 3(4) Kaivoskoneiden häiriö kuviot

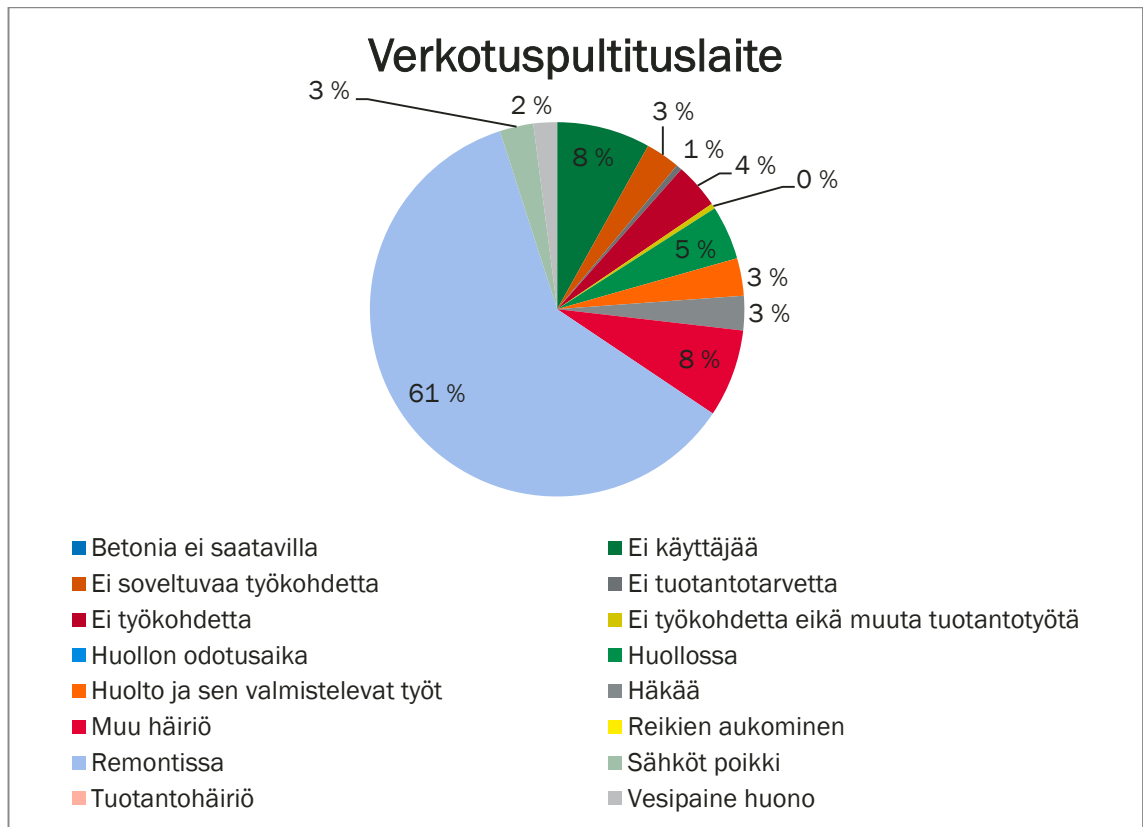


Kuvio 8. Ruiskubetonointilaitteiden häiriöt.



Kuvio 9. Vaijeripultituslaitteiden häiriöt.

Liite 1 4(4) Kaivoskoneiden häiriö kuviot



Kuvio 10. Verkotuspultituslaitteiden häiriöt.

Liite 3 Kaivoskoneiden häiriöiden kestot

Taulukko 1. Kaivoskoneiden häiriöiden kestot.

Ajanjakso:
01.04.2019 - 31.03.2020

Päiviä	366
Vuoroja	3
Tunteja	8
yht.	8784

Konelaji	Sähkö h
Avausreikien isoreikäporaustaite	1 286,0
Avausreikien porauslaite	
Peränporaustaite	-3 839,0
Pitkäreikäporaustaite	13 471,0
Ruiskubetonointilaite	2 731,0
Vaijeripultituslaite	11 967,0
Verkotuspultituslaite	-2 370,0
	23 246,0

	Avausreikien isoreikäporaustaite	Avausreikien porauslaite	Peränporaustaite	Pitkäreikäporaustaite	Ruiskubetonointilaite	Vaijeripultituslaite	Verkotuspultituslaite
Betonia ei saatavilla					17,8	2,7	
Ei käyttäjää	99,0	64,0	269,0	221,1	53,6	342,5	277,6
Ei soveltuvaa työkohteita	37,2	8,0	575,7	85,2	7,2	23,4	101,5
Ei tuotantotarvetta	32,0		947,9	24,2	536,0		17,2
Ei työkohteita	608,0	270,0	496,8	257,3	17,0	44,2	135,0
Ei työkohteita eikä muuta tuotantotyötä			8,0	41,4		10,4	16,0
Huollon odotusaika							
Huollossa	32,0	24,0	72,0	192,0	160,0	184,0	160,0
Huolto ja sen valmistelevat työt	32,0		19,0	171,0		196,8	111,4
Häkää	12,2	14,0	30,2	398,5	0,8	279,2	101,5
Muu häiriö	20,9		68,9	283,4	22,7	377,5	260,1
Reikien aukominen			6,0	443,7		1,4	
Remontissa	358,3	40,0	564,1	1 406,6	571,8	2 157,3	2 079,3
Sähköt poikki	24,8	24,0	73,8	99,5	48,0	74,3	99,7
Tuotantohäiriö				3,4	0,6		
Vesipaine huono	12,8		118,9	101,2	13,1	55,9	69,7
	1 269,1	444,0	3 250,4	3 728,6	1 448,5	3 749,6	3 428,9

Liite 4 1(2) Kaivoskoneiden valmiit letkut

Taulukko 2. Pitkäreikälaitteilla valmiina olevat letkut.

Simba	Letku	Pituus (mm)	Liittimien avainkoko (mm)	Letkunpää
HP1 Iskunletku	Hi-TUFF-4S 3/4"	2100	32	naaras
Pyöritysmoottorin letku	Hi-TUFF 2SC 1/2"	2500	25	naaras
WF1 Vesiletku	Hi-TUFF-4S 1"	2400 + 360	38	naaras
HT1 0-Paineakun letku	Hi-TUFF-4S 3/4"	1900	32	naaras

Taulukko 3. Pultitus- ja verkotuslaitteilla valmiina olevat letkut.

Boltec	Letku	Pituus (mm)	Liittimien avainkoko (mm)	Letkunpää
HP01 Iskunletku (porapuomin keskivaiheilla)	Hi-TUFF-4S 3/4"	2000	32	naaras
HP01 Iskunletku (porapuomin zoomi)	Hi-TUFF-4S 3/4"	2500	32	naaras
HP01 Iskunletku (porapuomin rollikan kohdalla)	Hi-TUFF-4S 3/4"	2500	32	naaras
HP01 Iskunletku (vasaran päässä)	Hi-TUFF-4S 3/4"	2500	32	naaras
WF01 Vesiletku	Hi-TUFF 2SC 3/4"	2500	32	naaras

Taulukko 4. Vaijeripulttauslaitteilla valmiina olevat letkut.

Cabletec	Letku	Pituus (mm)	Liittimien avainkoko (mm)	Letkunpää
HP1 Iskunletku	Hi-TUFF-4S 3/4"	2000	32	naaras
WF1 Vesiletku	Hi-TUFF-4S 1"	2400 + 360	38	naaras
Pyöritysmoottorin letku	Hi-TUFF 2SC 1/2"	2500	25	naaras

Liite 4 2(2) Kaivoskoneiden valmiit letkut

Taulukko 5. Peränporauslaitteilla valmiina olevat letkut.

Boomer	Letku	Pituus (mm)	Liittimien avainkoko (mm)	Letkunpää
HP1 Iskunletku	Hi-TUFF-4S 3/4"	3700	32	naaras
WF1 Vesiletku	Hi-TUFF-4S 3/4"	750	32	naaras