



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

## **Myllynvuorausten kunnonvalvonnan kehitys**

Ville Hämäläinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2018  
Ylempi AMK  
Teknologiaosaamisen johtaminen



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto  
Teknologiaosaamisen johtaminen

HÄMÄLÄINEN VILLE:  
Myllynvuorausten kunnonvalvonnan kehitys

Opinnäytetyö 91 sivua, joista liitteitä 15 sivua  
Toukokuu 2018

---

Työn tarkoituksena oli selvittää millä tavalla Teknikum Oy:n käytössä olevaa myllynvuorausten kunnonvalvontaa ja siihen liittyvää vuorausten mittausmenetelmää voitaisiin kehittää paremmaksi.

Tutkimusmenetelmänä käytettiin asiakkaille tehtyä kyselytutkimusta koskien vuorausten kunnonvalvontaa. Toisena tutkimusmenetelmänä tehtiin mittausmenetelmien vertailu. Uusille mittausmenetelmille tehtiin käyttötestit asiakaskohteessa, jolloin voitiin selvittää niiden soveltuvuus todellisessa käyttöympäristössä.

Kyselytutkimus tehtiin koskien myllynvuorausten kunnonvalvontaa. Kyselyssä käsiteltiin vuorausten mittaus tapaa, vaihtovälin määrittystä sekä vuorauksien mittausten raportointia. Kyselyn avulla haluttiin saada selville asiakasnäkökulma vuorausten kunnonvalvontaan ja selvittää, mikä on asiakkaan kannalta tärkeää, jotta voidaan määrittää, mitä tietoa vuorauksien mittauksista halutaan asiakkaalle välittää ja minkä tyyppinen raportointitapa olisi asiakkaalle sopivin.

Työn toisena tavoitteena oli selvittää, mitä menetelmiä on saatavilla vuorausten mittaukseen tällä hetkellä ja mitkä ovat mahdollisia uusia mittaus tapoja tai menetelmiä, jotka ovat vielä kehitysasteella, mutta mahdollisesti käytettäviä menetelmiä tulevaisuudessa.

Vertailut mittausmenetelmät olivat manuaalinen mittausmenetelmä, mittauskammot, 3D-laserkeilaus, optinen mittausmenetelmä ja vuorausosiin asennettavat mittausanturit. Työn aikana tehtiin koemittaukset testikohteessa kahdella erityyppisellä 3D-laserskannerilla, optisella mittausmenetelmällä ja vuorauspalkissa olevilla mittantureilla.

Ennakoivan kunnonvalvonnan toteuttamista varten työssä selvitettiin myös kunnossapito-ohjelmistojen soveltuvuutta myllynvuorausten ennakoivaan kunnossapitoon sekä niiden soveltumista tiedonhallintaratkaisuksi nykyisen menetelmän tilalle.

Työn tuloksena saatiin selvitettyä, minkälainen ja mistä osista koostuva kunnonvalvontajärjestelmä kannattaisi rakentaa. Kunnonvalvontajärjestelmän perusosat ovat mittausjärjestelmä, kulumistiedon analysointi, tiedonhallinta ja raportointi.



## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Technology leadership management

HÄMÄLÄINEN VILLE:

The evolution and condition monitoring of mill linings

Master's thesis 91 pages, appendices 15 pages

May 2018

---

The purpose of the thesis was to determine how to improve Teknikum Oy's current mill lining measuring and the preventive maintenance methods.

Research methods that were used at thesis were survey to customers concerning the current mill lining measuring methods and preventive maintenance of the linings. The other research method that was used was benchmarking of the mill lining measuring methods. The new methods that have not been used by Teknikum Oy were also field tested at true operating environment in order to verify their usability for mill linings wear measurement.

Survey to the customers concerned the mill lining maintenance. The topics were mill lining measuring method, how lining change interval is determined and how the measuring data and data related to linings is reported and documented. Customer survey was used to investigate customer perspective to mill lining maintenance. With the help of the survey it can be determined what type of information about the lining measurements customer needs and what kind of documentation and reporting style can be used.

The other focus of the thesis was to determine what kind of measuring methods are available for mill lining measurement at the moment and what kind of new methods are at development and can be used in the future.

The measuring methods that were benchmarked were manual testing, mechanical wear reading, 3D laser scanning, optical measuring method and sensors installed to mill lining components. In the course of this work, a field test at a mill was done with two different types of laser scanner, optical measurement method and sensors installed to lining components.

For the implementation of preventive maintenance to mill linings the different type of maintenance soft wares were also investigated. The usability of general maintenance softwares at mill lining maintenance was on focus in this thesis. One point of thesis was to determine how they would appropriate for preventive maintenance tasks and information management in place of the current system.

In conclusion it can now be determinate which type of mill lining maintenance system can be built and what type of different components can be used to build the maintenance system for Teknikum Oy. The basic components of the preventive maintenance system are the measuring method, component to analyze and forecast wear, information management system for the storage data and reporting.

---

Key words: mill linings, wear measuring, maintenance, laser scanning

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
2	MYLLYNVUORAUKSET JA KUNNONVALVONTA.....	10
	2.1. Jauhinmyllyt ja kaivosprosessi .....	10
	2.2. Jauhatus.....	12
	2.3. Myllynvuoraus .....	18
	2.3.1 Vuorausmateriaalit .....	21
	2.3.2 Myllynvuorausosat .....	21
	2.3.3 Vuorausprofiilit .....	25
3	MYLLYNVUORAUSTEN KUNNONVALVONTA .....	29
	3.1. Myllynvuorausten kuluminen .....	29
	3.2. Vuorausten kunnossapito .....	30
	3.3. Vuorausten ennakoiva kunnonvalvonta.....	33
	3.4. Vuorausten vaihtovälit .....	34
4	MYLLYNVUORASTEN MITTAUSMENETELMÄT .....	36
	4.1. Visuaalinen tarkastus ja manuaalinen mittaus .....	36
	4.2. Mekaaniset mittauskamat .....	38
	4.3. 3D-laserskannerit .....	39
	4.3.1 Laserkeilain .....	39
	4.3.2 Käsikäyttöinen laserskanneri .....	40
	4.4. Optinen mittaus.....	42
	4.5. Mittausanturit.....	44
	4.6. Epäsuorat mittausmenetelmät .....	47
5	TUTKIMUSMENETELMÄT .....	48
	5.1. Haastattelututkimus .....	48
	5.2. Haastattelututkimuksen yhteenveto .....	49
	5.2.1 Mittaustapa.....	49
	5.2.2 Vaihtovälin määrittäminen .....	50
	5.2.3 Mittausten dokumentointi ja raportointi.....	51
	5.2.4 Vapaat kommentit ja kehitysehdotukset .....	52
	5.3. Myllynvuorausten mittausmenetelmien vertailu .....	53
	5.3.1 Vertailtavat mittausmenetelmät ja vertailuarvot .....	53
	5.3.2 Vertailun yhteenveto .....	61
	5.4. Tutustuminen Arrow Novi kunnossapito-ohjelmistoon .....	62
	5.5. Muita kunnossapito-ohjelmistoja.....	66
6	KUNNONVALVONNAN KEHITYSSUUNNITELMA .....	71

7 POHDINTA.....	73
LÄHTEET .....	74
LIITTEET .....	76
Liite 1. Kyselykaavake myllynvuorausten kunnonvalvonta 1 (6) .....	77
Liite 2. FARO Frestyle datasheet 1 (2).....	83
Liite 3. FARO Focus Laser Scanner datasheet 1 (2) .....	85
Liite 4. Mittausmenetelmien vertailu 1 (5).....	87

**LYHENTEET JA TERMIT**

SAG	Semi autogenous grinding, Semiautogeenijauhatus
AG	Autogenous grinding, Autogeenijauhatus
TM	Tankomylly
KM	Kuulamyly
BM	Ball mil, kuulamyly
RM	Rod mill, tanko mylly
DEM	Discrete Element Method, diskreettien elementtien menetelmä



## 1 JOHDANTO

Kehittämistehtävä tehdään Teknikum Oy:lle. Teknikum Oy suunnittelee ja valmistaa erilaisia asiakasräätälöityjä polymeeriteknologian tuotteita mm. meri- ja kaivosteollisuuden, infrarakentamisen sekä raskaan teollisuuden moninaisiin tarpeisiin. Yhtenä tuotealueena ovat kaivosteollisuudessa käytettävien jauhinmyllyjen sisäpuoliset vuoraukset. Teknikumin vuoraukset valmistetaan joko kumista tai teräs/kumikomposiittimateriaaleista.

Jauhatus on osa malminrikastusprosessia, jolla pyritään saavuttamaan jauhinmyllyjä käyttäen haluttu partikkelikoko ennen kuin materiaali jatkaa rikastusprosessin seuraavaan vaiheeseen. Vuorauksien kuntoa seurataan mittaamalla vuorauksen kulumista käyttöiän aikana.

Palveluliiketoiminnan osuutta yrityksen liikevaihdossa pyritään kasvattamaan ja uutena palveluna on tuotu markkinoille myös vuorausten asennuspalvelu, joka on lisännyt kohteessa tehtävän kulutusseurannan tarvetta. Vuorauksen kulutusseurannalla on tavoitteina vuorauksen vaihtoajankohdan määrittäminen ja vuorauksessa olevien kehityskohteiden selvittäminen. Asiakkaalle hyöty tulee esiin siinä, että vuorausta käytetään mahdollisimman taloudellisesti. Tällä pyritään maksimoimaan vuorauksen käyttökustannukset EUR / jauhettu tonni materiaalia sekä estämään vuorauksen kulumisen loppuun, joka voi aiheuttaa vaurioita jauhinmyllyn runkoon.

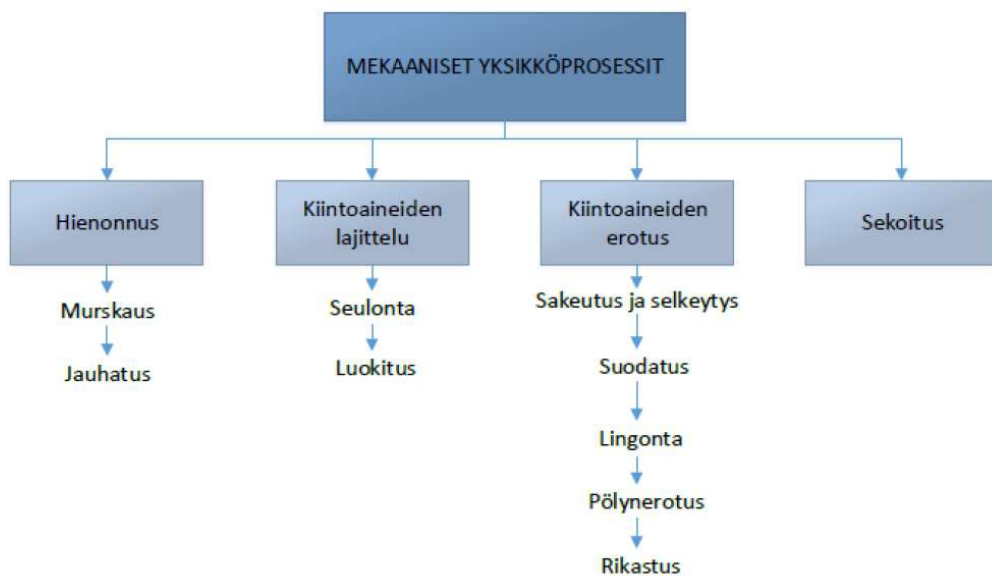
Asiakas saa myös hyötyä siitä, että vuorauksen kunnonvalvonta on joko kokonaan tai osittain vuoraustoimittajan vastuulla. Tämä vapauttaa asiakkaan henkilöstöresursseja ja asiakas saa asiantuntevaa palvelua sekä tietoa vuorauksesta suoraan toimittajalta. Toimittaja saa tietoa miten vuoraukset toimivat ja kestävät eri kohteissa sekä prosesseissa. Tämä on tärkeää tietoa vuorausten kehitystyössä sekä apuna uusien vuoraustoimitusten saamisessa yritykselle (kokemus, referenssit).

Vuorauksen kulumisen ei ole tasainen prosessi, vaan siihen vaikuttavat jauhatusprosessiin liittyvät tekijät kuten täyttöaste, vaihtelu ajomäärässä, käyttöaste, malmin ja jauhinkappaleiden määrän ja laadun vaihtelu. Vuoraus itsessään aiheuttaa eroja käytössä tapahtuvaan kulumisnopeuteen; uuden vuorauksen ja kuluneen vuorauksen kulumisnopeus on erilainen. Myös eri kumilaadut ja teräslaadut aiheuttavat eroja vuorausten käyttöikäen.

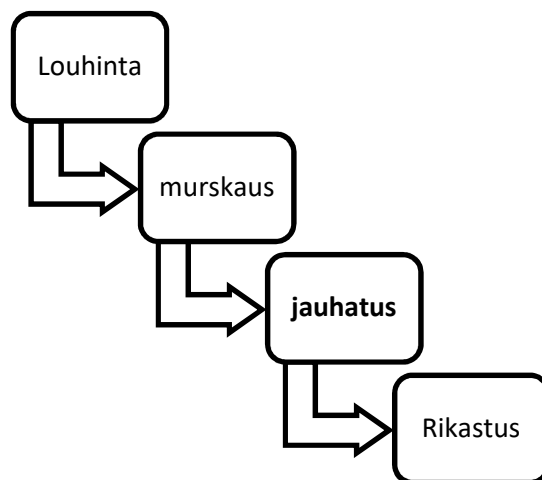
## 2 MYLLYNVUORAUKSET JA KUNNONVALVONTA

### 2.1. Jauhinmyllyt ja kaivosprosessi

Jauhatus eli mineraalien hienonnus on yksi osa mekaanisia yksikköprosesseja (kuvio 1), jauhatuksessa louhittua ja murskattua malmia jauhetaan jauhinmyllyillä pienempään partikkelikokoon. Jauhatus on murskatun karkean aineksen hienontamista ennen, kuin materiaali siirtyy seuraavaan vaiheeseen rikastusprosessiin (kuvio 2).

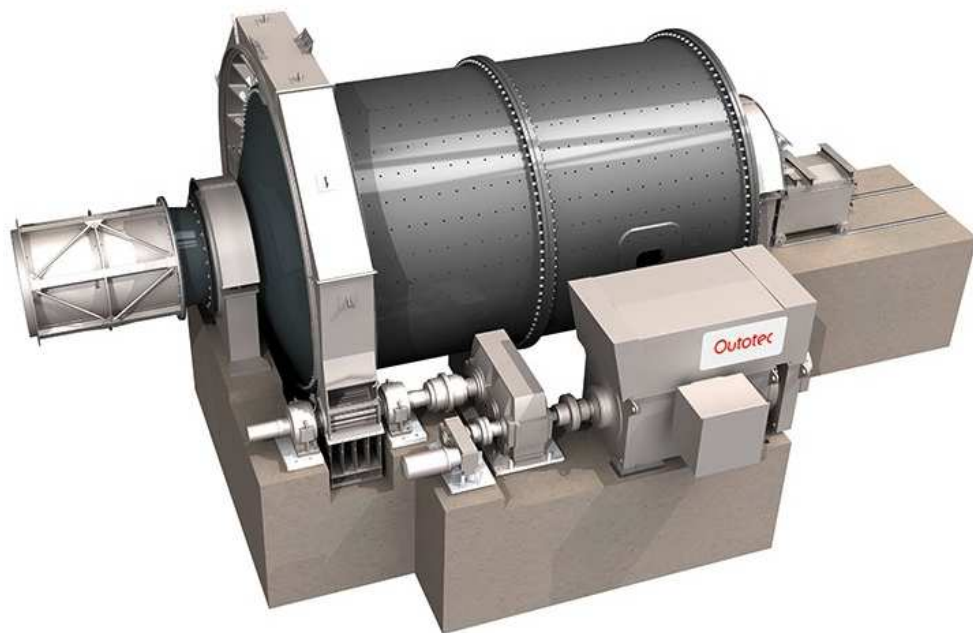


KUVIO 1. Mekaaniset yksikköprosessit. (Kuva: kaiva.fi)



KUVIO 2. kaivosprosessin vaiheet.

Jauhinmylly on metallista valmistettu rumpu, jossa on molemmissa päissä päädyt, joissa on halkaisijaa pienemmät syöttö- ja poistoaukot jauhattavan materiaalin syöttöä ja ulostuloa varten. Mylly on sisäpuolelta vuorattu vaihdettavilla kulutusosilla eli myllynvuorauksella. vuorauksella on tehtävänä suojata myllyn runkoa kulumiselta sekä vaikuttaa tehostavasti jauhatusprosessiin. Myllyn päätyholkit on laakeroitu runkorakenteeseen ja myllyä pyöritetään hammaskehältä vaihteiston kautta sähkömoottorilla. Myllyn rakenne osineen on kuvattu kuvassa 1.



KUVA 1. jauhinmyllyn periaatekuva. (Outotec grinding mills)

Mylly on osa laitteistoa jauhatuspiirissä ja piirissä on yleensä useita myllyjä, jotka on jaoteltu jauhatusasteen mukaan primääri, sekundaari ja tertiääri jauhinmyllyiksi. Kuvassa 2 on kuvattu jauhatuspiiri, jossa on murskan jälkeen primäärijauhatukseen 1 SAG mylly ja sekundäärijauhatukseen 4 kuulamylyä. Jauhinmyllyjä käytetään yleisesti kaivos-, kemikaali- ja energiateollisuudessa. Kaivosteollisuudessa käytettävät jauhinmyllyt ovat suurikokoisia halkaisijat voivat olla 1-10m ja pituudet 1-20m. Tyypillisten myllyjen tehonkulutus vaihtelee muutamista sadoista kilowateista useisiin megawatteihin, suurimmat jopa noin 20 MW. Hienonnuksen luokitus on kuvattu taulukossa 1. Tyypillisesti Primaarivaiheen myllyjen syöte on 10mm 100um, jolloin pääosa syötteestä on pie-

nempää, mutta AG ja SAG myllyissä jauhinkappaleina voidaan käyttää isompia malmi-kappaleita, joiden koko voi olla 1m-100mm. Sekundäärivaiheen jauhatuksessa syötteen koko on luokkaa 1mm – 100µm, jauhatuksessa käytetään apuna jauhinkappaleita tankomyllyissä tankoja tai kuula – ja palamyllyissä metallikuulia tai malmipaloja. Tertiärijauhatuksessa syötteen koko on 10µm - 1µm ja myllyt ovat kuulamyllyjä ja jauhatuksessa on apuna jauhinkappaleet. (Hienonnuks: Murskaus, jauhatus ja luokitus: kaiva.fi. Mustakangas 2012)

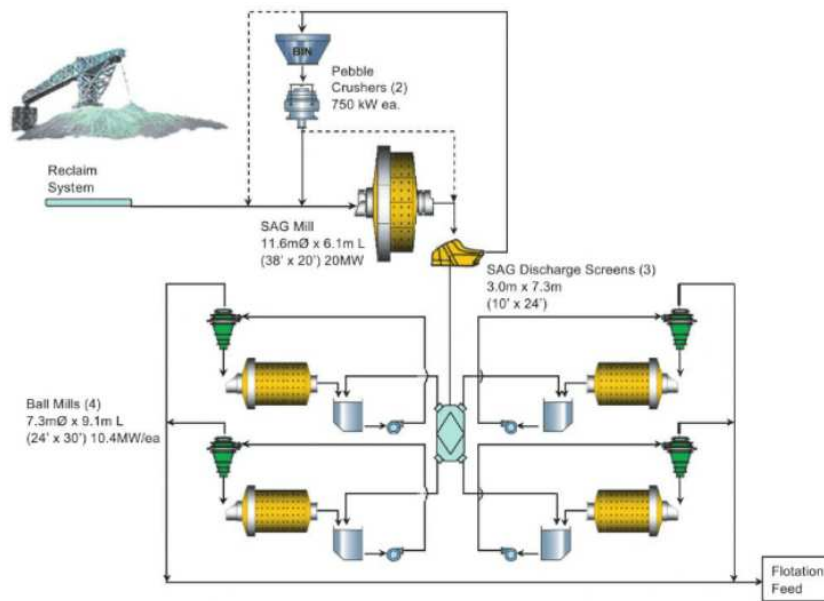


FIGURE 17.9 A SAG-pebble crusher-ball mill circuit. Courtesy of PT Freeport, Indonesia.

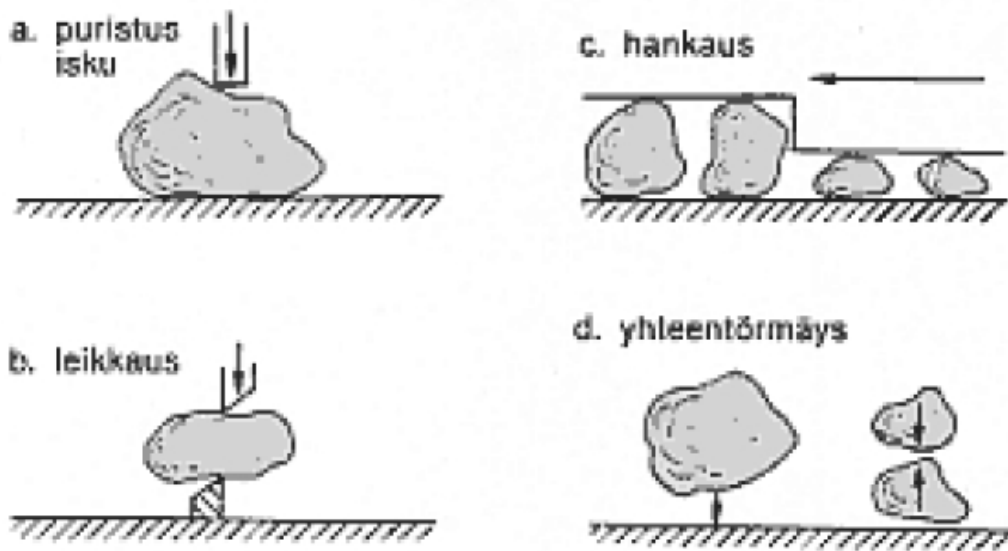
KUVA 2. Jauhatuspiiri. (Metallurgists & Mineral Processing Engineers)

Hienonnuksen luokitus		
Louhinta	1m	1000mm
Karkea murskaus	100mm	100mm
Hienomurskaus	10mm	10mm
Karkeajauhatus	1mm	1mm
Hienojauhatus	100µm	0,1mm
Hyvin hienojauhatus	10µm	0,01mm
Erittäin hienojauhatus	1µm	0,001mm

TAULUKKO 1. Hienonnuksen luokittelu. (Taulukko:kaiva.fi)

## 2.2. Jauhatus

Myllyyn syötetään syöttöaukosta jatkuvatoimisesti jauhettavaa materiaalia ja jauhatusta tapahtuu myllyn sisällä, jossa rummun pyöriessä myllyssä irtaimet jauhinkappaleet saatetaan jauhatukseen sopivaan liiketilaan. Jauhautuminen perustuu iskuihin, puristukseen ja hietoon, jotka aiheutuvat jauhinkappaleiden putoamis- ja vierintäliikkeistä. Materiaalin hienonnuksessa tapahtuvat ilmiöt on esitetty kuvassa 3.



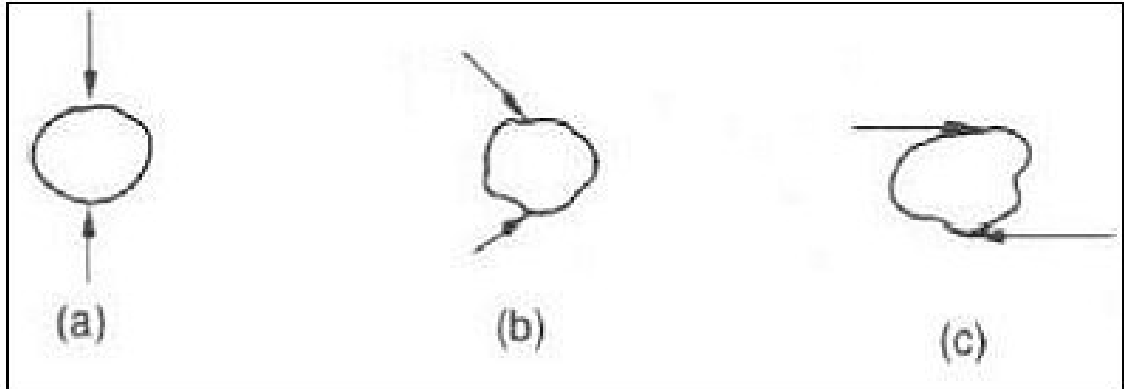
KUVA 3. Hienonnuksen ilmiöt. (Kaiva.fi)

Jauhatus tapahtuu pyörivissä sylinterin muotoisissa teräksissä myllyissä, jotka sisältävät murskattua malmin ja jauhinkappaleita, jotka ovat vapaita liikkumaan, kun myllyä pyöritetään. Myllyn pyörimisliike nostaa materiaalia myllyn kehälle, jolloin siihen kohdistuu ilmiöitä, jotka aiheuttavat malmin jauhatumisen pienempään partikkelikokoon. Jauhinkappaleet voivat olla malmin tai teräksestä valmistettuja kuulia, tankoja sekä ei-metallisia esimerkiksi keraamisia jauhinkappaleita.

Jauhautuminen myllyssä vaikuttavat koko, laatu, liikkeen tyyppi sekä tilat yksittäisten kappaleiden ja jauhinkappaleiden välillä. Jauhautuminen on enemmän sattumanvaraista ja siihen vaikuttavat todennäköisyydet. Malmipartikkelin jauhatuminen määräytyy, sen todennäköisyydestä, että se joutuu jauhinkappaleiden väliin jauhatuksen aikana.

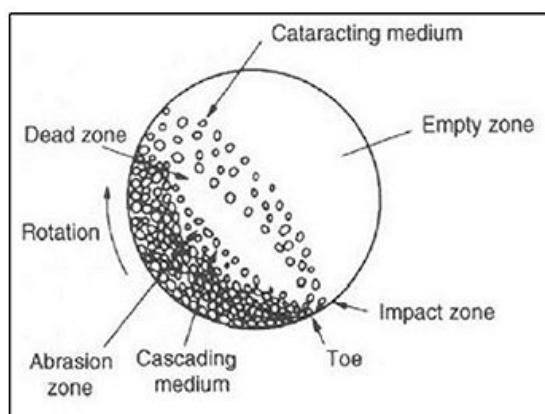
Jauhautuminen voi tapahtua useilla ilmiöillä kuten iskuina tai puristuksena, joka perustuu voimaan, joka kohdistuu kohtisuoraan partikkelin pintaan nähden. Leikkautumisena,

joka kohdistuu vinottain partikkeliin vaikuttavana voimana tai hiertona, joka kohdistuu voimina, jotka vaikuttavat samansuuntaisesti pintojen kanssa. Nämä ilmiöt rikkovat partikkeliä ja muuttavat niiden muotoa yli sen tason, jolla niiden elastisuus ei pidä niitä enää koossa ja ne hajoavat. Ilmiöt on esitetty kuvassa 4. (Wills, 2006)



KUVA 4. partikkelin hajoamisilmiöt: (a) isku tai puristus (b) leikkaus (c) hierto. (kaiva.fi)

Jauhinmyllyssä jauhatusta perustuu kahteen eri liikeilmiöön, jotka tapahtuvat myllyn pyöriessä. Kaskadi-ilmiön kautta tapahtuva jauhatusta eli myllyn pyörimisliikkeestä kehälle nousseen materiaalin ja jauhinkappaleiden rullaaminen alas materiaali läpi, joka samalla aiheuttaa jauhinkappaleiden tankojen tai kuulien liikkeitä oman akselinsa ympäri samansuuntaisesti myllyn pyörimisakselin kanssa. Katarakti-ilmiö avulla tapahtuvaa iskevää jauhatusta, joka aiheutuu jauhinkappaleiden liikkeestä parabolisessa kaaressa tapahtuvasta pudotuksesta jauhettavan malmipatjan päälle (kuva 5).



KUVA 5. Kuorman liikkeet jauhatuksen aikana myllyssä. (kaiva.fi)

Jauhituksen tehostamiseksi myllyissä käytetään jauhinkappaleita. Jauhinkappaleina käytetään metallikuulia, metallitankoja sekä jauhettavasta malmista murskattuja isompia kappaleita kuten lohcareita tai paloja, jotka luokiteltu prosessiin vaatimaan kokoluokkaan seulomalla. Jauhettavaa malmia jauhinkappaleina käytettäessä, jauhettava materiaali pysyy puhtaana, koska siihen ei sekoitu jauhinkappaleista vierasta materiaalia. myös jauhinkappaleiden kustannukset pysyvät alhaisina. Jauhatus tapahtuu joko kuiva tai märkäjauhatusena, märkäjauhatusessa syötettävän materiaalin sekä jauhinkappaleiden lisäksi prosessiin syötetään vettä ja muita kemikaaleja.

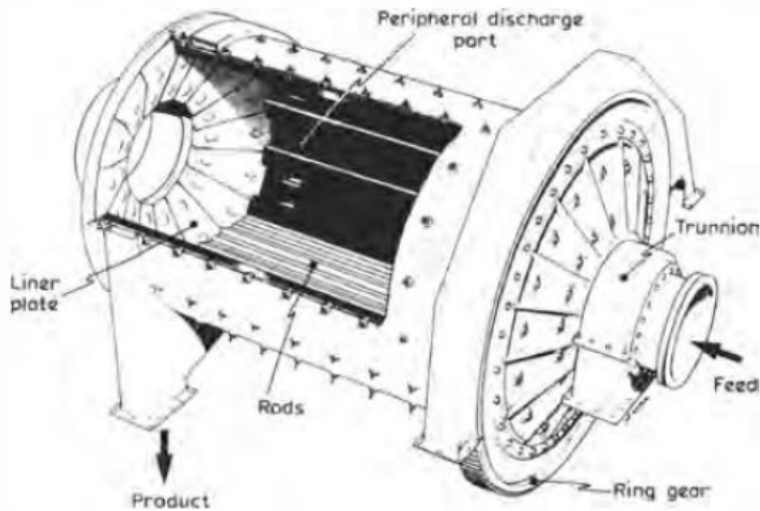
Myllyt voidaan jakaa niissä käytettävien prosessivaiheen, jauhinkappaleiden ja purkutavan mukaisesti taulukon 2 mukaan.

<b>JAUHATUSVAIHE</b>	<b>JAUHINKAPPALE</b>	<b>PURKUTAPA</b>
Primääri (primary)	Kuulamyly (Ball mill)	Ylitemylly (overflow)
Sekundääri (secondary)	Palamyly (Pebble mill)	Arinamyly (grate discharge)
Teriääri (tertiary)	Tankomyly (Rod mill)	Kaksikammari (two chamber)
	Semiautogeeni (Semi autogenous)	
	Autogeeni (Autogenous)	

TAULUKKO 2. Jauhinmyllyjen luokittelu.

### **Tankomyllyt (TM)**

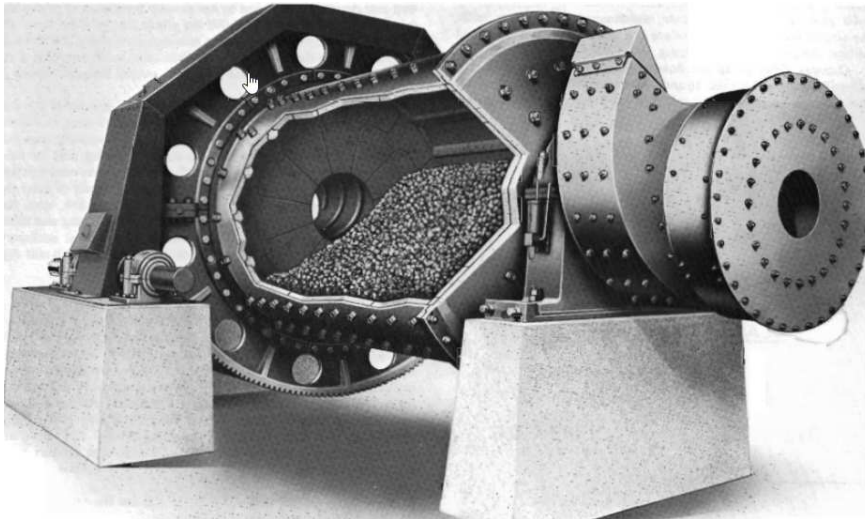
Tankomyllyissä käytetään jauhinkappaleina metallisia tankoja. Tankomyllyjä käytetään kiven ja mineraalien primääri jauhatukseen. Tangot nousevat myllyn pyöriessä myllyn kehälle ja tankojen taas laskeutuessa ja jauhatus tapahtuu iskujen ja hierron avulla. Tuotteen koko tankomyllyissä on karkeaa, joten jauhatuspiirissä on yleensä kuulamyly etenkin silloin kuin vaaditaan hienompaa tuotteen partikkelikokoa. Tankomyllyn periaate on esitetty kuvassa 6.



KUVA 6. Tankomyllyn periaatekuva. (Metallurgists & Mineral Processing Engineers)

### **Kuulamylyt (KM)**

Viimeinen vaihe materiaalin hienontamisessa tehdään yleensä kuulamylyissä, joissa käytetään teräksisiä kuulia jauhinkappaleina. Kuulissa on suurempi paino / pinta-ala yksikköä kohti kuin tangoissa, ne soveltuvat paremmin hienojauhatukseen. Kuulamyllyn periaate on esitetty kuvassa 7.



KUVA 7. Kuulamyllyn periaatekuva. (Metallurgists & Mineral Processing Engineers)

### **Autogeeni -mylyt (AG)**

Autogeeni-mylyt käyttävät jauhinkappaleina syötettä suurempia malminkappaleita, jotka ovat kaskadisessa liikkeessä, joka aiheuttaa iskuja sekä puristusta joka jauhaa



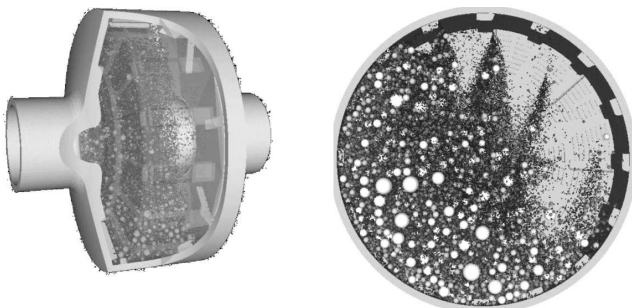
malmia hienommiksi partikkeleiksi. Autogeeni-myllyjä käytetään yleensä primäärivaiheessa lohkaremyllyinä, jolloin jauhinkappaleet ovat isoina lohkaraina 100-500mm ja sekundäärivaiheessa palamyllyinä jolloin niiden jauhatus enemmänkin kuulamyllyn tapaista ja palat ovat huomattavasti pienempiä noin 20-100mm. Autogeenin periaate on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. AG myllyn periaatekuva. (Metallurgists & Mineral Processing Engineers)

### **Semiautogeeni -myllyt (SAG)**

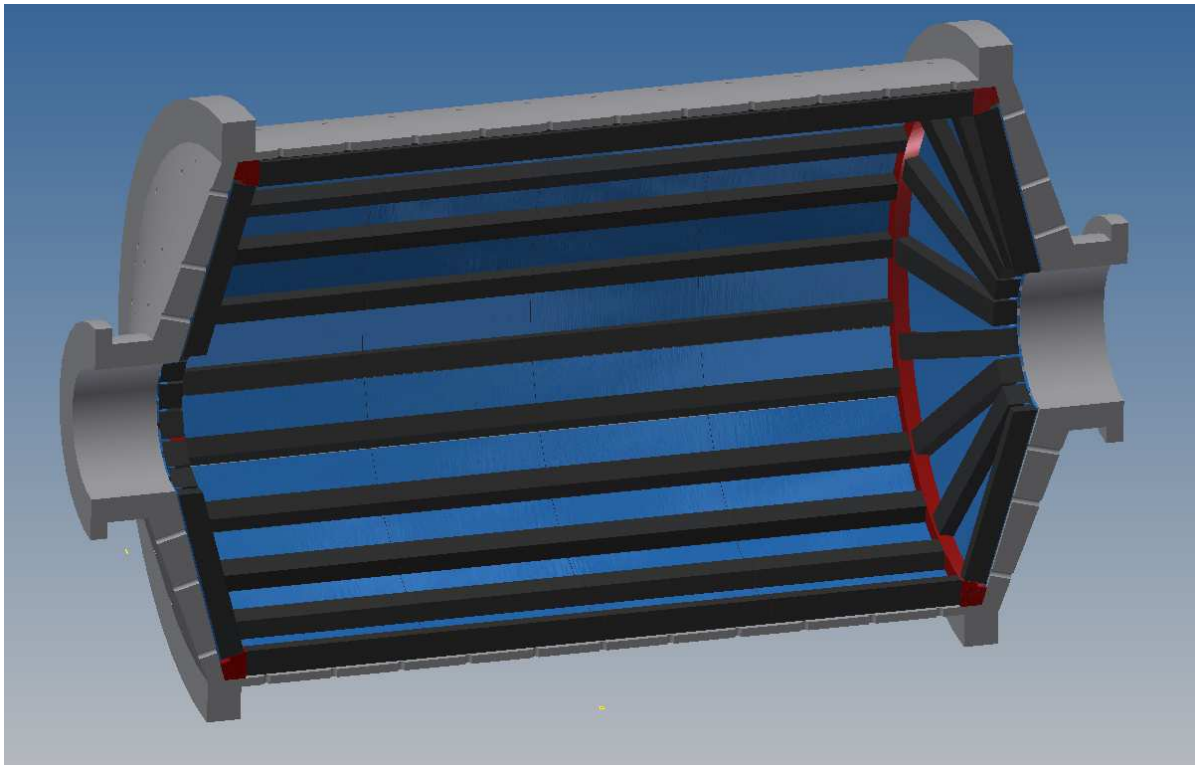
Semiautogeeni-myllyt ovat samantyyppisiä kuin AG myllyt, mutta niissä käytetään jauhatuksessa malmin kappaleiden lisäksi kuulia samantyyppisesti kuin kuulamylllyissä. Niissä käytettävä kuulakuorma on yleensä 6-15%. SAG myllyille on myös tyypillistä niiden pituus ja halkaisija suhde, myllyt ovat suuri halkaisijaisia ja lyhyitä verrattuina kuulamylllyihin. SAG myllyjä käytetään yleensä kullan, kuparin ja platinan jauhatukseen sekä käyttö ulottuu myös lyijyn, sinkin, hopean, alumiinin ja nikkelin jauhatukseen. SAG myllyn periaate on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. SAG myllyn periaatekuva. (Metallurgists & Mineral Processing Engineers)

### 2.3. Myllynvuoraus

Myllyn sisäpuolinen rakenne alttiina kulumiselle, sisäpuolella käytetään vaihdettavia kulutusosia eli myllynvuorausta. Myllynvuorausosat ovat vaihdettavia kulutusosia joiden tarkoituksena tehostaa jauhatusprosessia sekä toimia kulutussuojana myllyn runkorakenteelle. Vuorauksella vaikutetaan jauhatukseen eli tarkoituksena on tehostaa energian siirtymistä jauhinkappalepanokseen ja jauhattavaan materiaaliin. Vuorauksessa on myllyn kehällä matala levymäinen vuorausosuus sekä korkeampi nostava vuorausosuus eli nostaja. Vuorauksen korkeuden vaihtelu vaikuttaa jauhattavan materiaalin ja jauhinkappalepanoksen liikkeeseen myllyn pyöriessä. Vuorausosien mitoituksella ja porauksen jaolla voidaan vaikuttaa myllyn jauhatustehokkuuteen, joten vuorausprofiilin ja porauksen suunnittelu mylly- ja prosessikohtaisesti on tärkeää jauhatustuloksen ja vuorauksen kestävyuden kannalta. Myllyn sisäpuolinen vuoraus on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. kuulamylllyn kumivuoraus periaatekuva.

Myllyn eri alueisiin syöttö- ja poistopäättyyn ja vaippaan on porattu kiinnitysreiät vuorausosien kiinnittämiseksi suunnittelun määräämällä jaolla. Myllynvuorausosat voidaan jakaa alueittain syöttöpään, vaipan ja poistopään vuorausosiin.

Syöttöpään vuoraus osat sisältävät:

- Nostopalkit
- päätylevyt
- kulmatäytteet
- kiinnityspulttijärjestelmän nostopalkeille.

vaipan vuorausosat sisältävät:

- nostopalkit
- vaippalaatta
- kiinnityspulttijärjestelmän nostopalkeille.

Poistopään vuorausosat sisältävät ylitemyllissä:

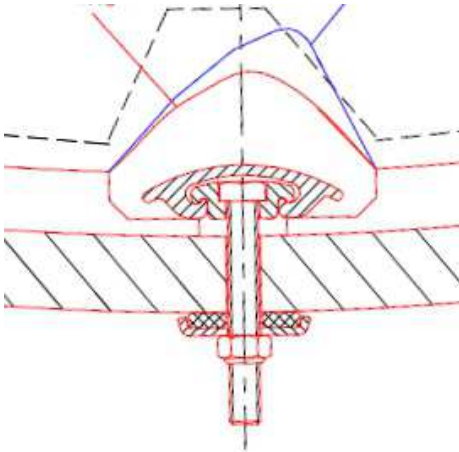
- nostopalkit
- päätylevyt
- kiinnityspulttijärjestelmän nostopalkeille.

Poistopään vuorausosat sisältävät arinamylyssä:

- nostopalkit
- Arinalevyt
- kulmatäytteet
- Tukisegmentit
- lietteenostajat
- keskuskartio ja keskuslevy
- kiinnitysjärjestelmän nostopalkeille.

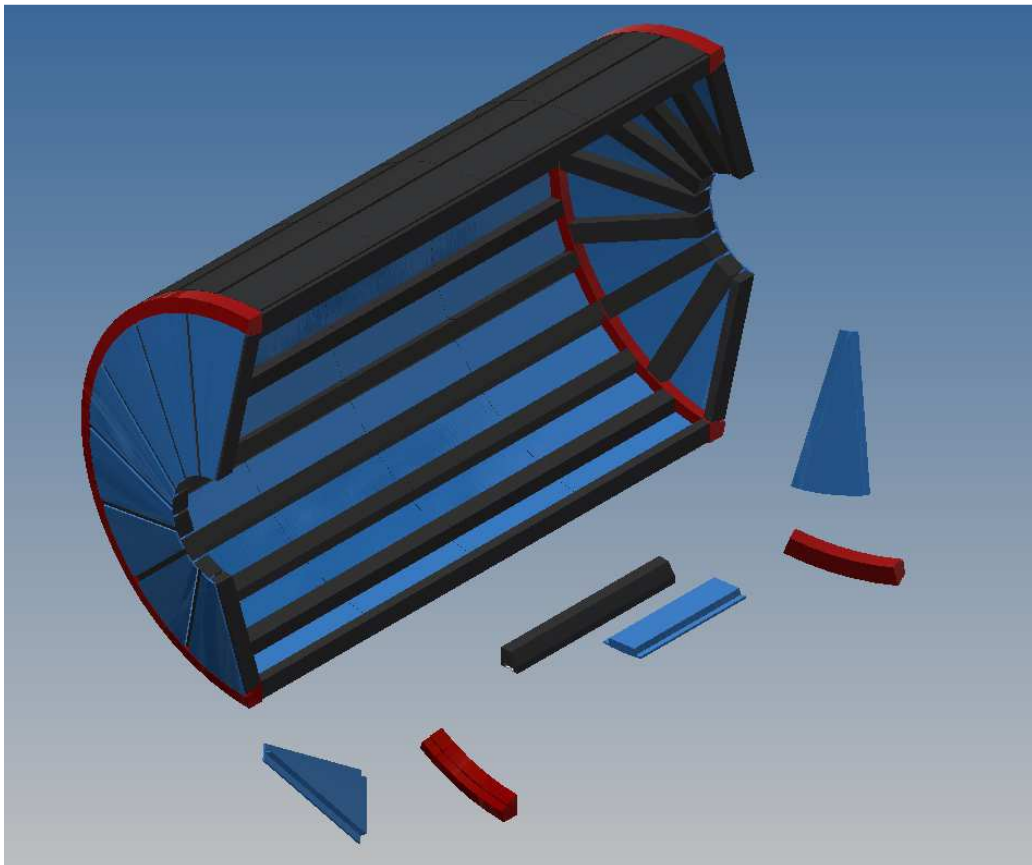
Vuorausosat kiinnitetään myllyyn porattuihin kiinnitysreikien kautta kiinnitysjärjestelmää käyttäen. Kumivuorausosissa kiinnitysjärjestelmä sisältää nostopalkissa olevan kiinnitysprofiilin, joka on valmistettu alumiinista tai teräksestä. Kiinnitysprofiili vulkanoidaan vuorausosaan valmistusvaiheessa. Muut kiinnitysjärjestelmän osat ovat kiinnityspultit, joiden muoto ja malli riippuvat käytettävästä kiinnitysprofiilista. Myllyn ulkopuolisia osia ovat kumitiiviste, teräskuppialuslevy ja mutteri, joiden tehtävä on kiinnittää vuorausosat ja tiivistää kiinnitysreikä. Vuorausosien kiinnitys tehdään asentamalla levymäiset osat ensin paikalleen myllyn runkoa vasten ja nostopalkin kiinnityspultit laitetaan myllyssä olevien kiinnitysreikien läpi, levyissä olevat siivet jäävät nostopalkin alle ja niiden kiinnitys tapahtuu nostopalkin avulla. Tiiviste, teräsprikka asennetaan myllyn ulkopuolelta ja mutteri kiristetään vaadittuun kiristysmomenttiin. Teräsvuoraus-

osissa voi kiinnitysjärjestelmä toteutettu muilla tavoin. Kuvassa 11 on kuvattu kumisen nostopalkin kiinnitys myllyn runkoon.



KUVA 11. Kumisen nostopalkin kiinnitysjärjestelmä. (Kuva: Teknikum)

Vuorausosien fyysistä kokoa rajoittavat tekijät huoltoreitteinä käytettävien aukkojen mitat (syöttöaukko, poistoaukko tai miesluukut) sekä osien paino varsinkin, jos asennustyö tehdään manuaalisesti ihmistyövoimalla. Myös syöttö- ja poistoholkkien sekä syöttökartioiden vuoraukset voidaan ajatella kuuluvan myllynvuoraukseen, mutta niillä ei ole vaikutusta jauhatustulokseen. Myllyn sisäpuoliset kumivuorauskomponentit on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Ylitemyllyn kumivuorauskomponentit.

### **2.3.1 Vuorausmateriaalit**

Vuorausmateriaaleina käytetään terästä, valuterästä, kumia, muita elastomeerejä ja ke-raameja. Käytössä on myös näistä materiaaleista tehtyjä yhdistelmiä eli komposiittivuorausosia. Komposiittivuorausosilla pyritään yhdistämään eri materiaalien ominai-suuksia samaan vuorauskomponenttiin. Vuorauskomponentissa voi olla esim. kuluvim-malta osaltaan valuterästä ja runkorakenne on kumia, tällä saavutaan osalle hyvä kes-toikä valuteräksen avulla ja runkorakenteena toimiva kumilla saadaan vuorausosan pai-no pysymään huomattavasti pienempänä kuin kokonaan valuteräksestä valmistettu vuo-rausosa. Kumilla komposiittivuorausosissa on myös iskuja vaimentava kyky, jolloin voidaan valita kovempi ja paremmin kulutusta kestävä teräslaatu, joka ei olisi mahdol-lista pelkästään teräksestä valmistetussa vuorausosassa. Kumivuorauksella on etuna myös hyvin ääntä vaimentava vaikutus. Vuorausmateriaalin valinta riippuu aina jauha-tusprosessista, myllystä ja jauhinkappaleista sekä osalle vaaditusta käyttöiästä sekä ko-konaiskustannuksista. Yleisesti primäärijauhatusvaiheen SAG ja AG myllyissä käyte-tään yleensä teräsvuoraksia tai kumi-teräs komposiittivuorauksia. Kumista ja muista elastomeereistä valmistettuja vuorauksia käytetään sekundääri- ja tertiäärijauhatusvai-heen kuulamylyissä. (Mustakangas 2012)

### **2.3.2 Myllynvuorausosat**

Vuorausosat voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden rakenteen ja toimintatavan mu-kaan kiinteisiin, erillisillä nostajilla ja autogeenisen vuorauksella toteutettaviin vuoraus-osiin. Myllyissä voi olla eri alueet toteutettu eri ratkaisulla ja materiaaleilla. Esimerkiksi vaipan vuoraus voi olla toteutettu kiinteillä teräsvuorausosilla, mutta päätyjen vuorauk-sissa on vuoraus toteutettu erillisiä kuminostajia ja levyjä käyttäen. Kumivuorausosat on toteutettu yleensä erillisillä nostajilla.

#### **Kiinteät vuorausosat**

Kiinteissä vuorausosissa samaan osaan on integroitu matalampi levymäinen osuus sekä materiaalin liikkeen aiheuttava nostaja. Tämän tyyppisiä vuorausosia käytettäessä vuo-rauksessa on vähemmän komponentteja ja ovat helpompi ja nopeampi asentaa, jos on

käytettävissä asennuslaitteet suurien ja painavien kappaleiden käsittelyyn myllyn sisäpuolella. Ongelmana tämän tyyppisissä vuorausosissa on myös hävikki vuorausosissa, koska osia poistettaessa, ne joudutaan poistamaan käytöstä silloin, kun nostaja osuus komponentista on kulunut. Nostajan pois kuluminen aiheuttaa jauhatustehon laskun, joka on usein syynä vuorausosan vaihtoon. Kiinteitä vuorausosia käytetään yleensä teräsvuorauksissa, mutta myös kumivuorausosia on alettu valmistamaan tällä periaatteella esim. kuvan 13 mukaiset Metson Megaliner vuorauskomponentit sekä muiden valmistajien vastaavat tuotteet. (Powell, Smit. 2006. s. 3-4)



KUVA 13. Metso Megaliner asennustyökalu. (Metso WWW-sivu)

### **Erillisillä nostajilla toteutettu vuorausosat**

Erillisiä nostajia käytettäessä, vuorauksessa on erikseen nostavat vuorauskomponentit eli nostopalkit sekä levymäiset vuorauskomponentit. Kumisissa nostopalkeissa on kiinnitystä varten alapuolella kiinnitysprofiili, jota yhdessä kiinnitysjärjestelmän kanssa käytetään vuorausosien kiinnittämiseen myllyyn. Levymäiset osat sisältävät ohuemman siipiosuuden, joka jää osaksi nostopalkin alle ja nostajien kiinnitysjärjestelmä kiinnittää myös levymäiset osat. kuvassa 14 on erillisillä nostopalkeilla ja levyillä toteutettu kumiteräsvuoraus. Tämän tyyppisiä osia käytettäessä vuorauksessa on enemmän komponentteja, mutta silloin voidaan vaihtaa vain eniten kuluvat nostajakomponentit ja levymäiset osat kestävät pidempään. Yleensä vuorauksykli onkin, että yhtä levy vuorausosaa kohti

käytetään 2-3 nostopalkkia. Tämän tyyppisiä vuorausta valmistetaan teräksestä, kumista tai kumi-teräskomposiiteista. (Powell, Smit 2006. s. 3-5)



KUVA 14. Kumi-teräs vuorattu kuulamylly. (Kuva: Teknikum)

### **Autogeeniset vuorausosat**

Autogeenisillä vuorausosilla tarkoitetaan vuorausosia, jotka muodostavat vuorauksen joko jauhattavasta materiaalista tai jauhinkappaleista. Tähän ryhmään kuuluvia osia ovat autogeeniset verkkovuoraus osat sekä magneettiset vuorausosat. Yhteistä molemmille on, että ne vaativat erityiset prosessiolosuhteet toimiakseen, joten ne eivät sovellu kaikkiin myllyihin. Jos niiden käyttö on mahdollista, niin ne ovat käyttöikänsä pitkäkestoisia ja vaikka hankinta kustannus olisikin suurempi, kuin perinteisissä vuorausosissa. (Powell, Smit 2006. s. 3-8)

### **Autogeeniset verkkovuorausosat**

Verkkomaiset vuorausosat ovat harvinaisempi vuoraustyyppi, jonka käyttö ei ole levinnyt laajalti, koska se vaatii erityisen prosessin ja olosuhteet toimiakseen. Vuorausosa tasapintainen ja sen pohjalla on taskuja, joihin jauhinkappaleet pakkautuvat muodostaen suojaavan vuorauksen jauhinkappaleista. Tasainen vuorausprofiili sopii suurille myllyn pyörimisnopeuksille kuten 85-90% myllyn kriittisestä pyörimisnopeudesta. Useimmat

vanhemmat jauhinmyllyt operoivat näillä nopeuksilla. Kriittinen pyörimisnopeus tarkoittaa sitä nopeutta, jolla jauhinkappaleet pysyvät myllyn kehällä keskipakovoiman avulla. Tämän tyyppinen vuoraus on kuvattu kuvassa 15.



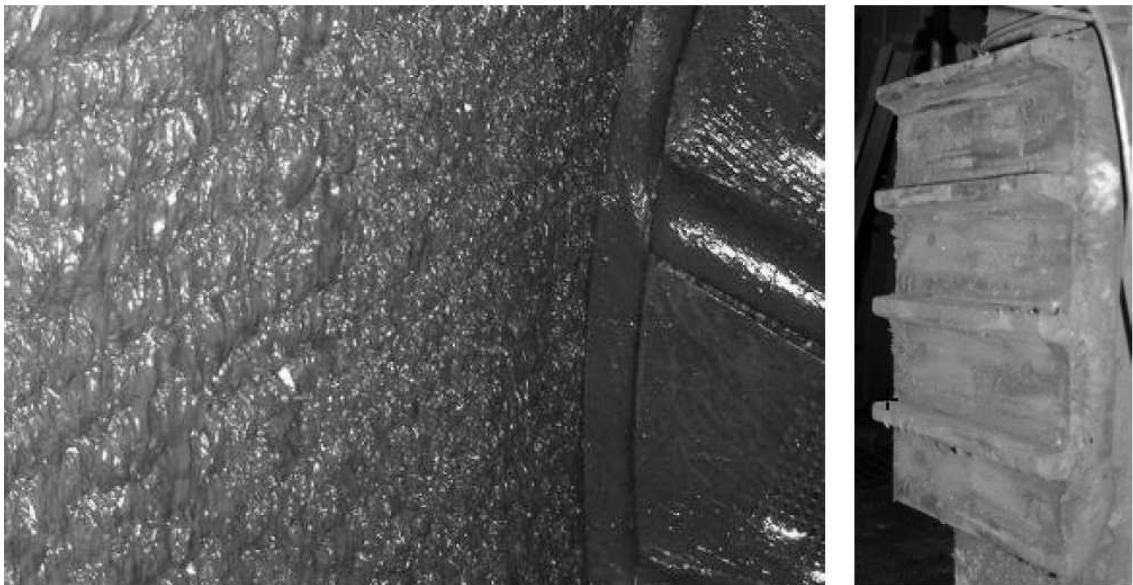
KUVA 15. Teräksiset verkkolinerit myllyn vaipalla. (Powell, Smit 2006. s. 3)

Verkkovuorausosat valmistetaan mangaaniteräksestä, että ne pystyvät muokkaamaan jauhinkappaleet, siten että ne jäävät kiinni vuorauksen taskuihin. Jauhinkappaleiden tunkeutuessa taskuihin, myös vuorausosat voivat muuttua mittaansa, jolloin niiden purkaminen voi olla erityisen hankalaa, koska ne kiilautuvat tiukasti kehälle. Verkkovuorausosat sopivatkin kuluttaville mineraaleille ja vuoraukset ovat toimiessaan pitkäikäisiä ja vaativat vähän huoltoa. Tämän tyyppistä vuorausta käytettäessä pitää turvallisuus myllyyn mentäessä on ottaa erityisesti huomioon, koska puristuksissa kiinni olevat jauhinkappaleet saattavat irrota satunnaisesti, ja ne joudutaankin ennen asennusta tai tarkastusta irrottamaan vuorauksesta. (Powell, Smit 2006. s. 3-5)



## Magneettivuoraus

Magneettivuoraus on toteutettu kumisilla vuorauspaloilla, joiden sisään on vulkanoitu magneetit, joiden tehtävänä on kiinnittää vuorausosat myllyyn runkoon sekä kerätä suojaava kerros jauhattavaa magneettista malmia vuorausosan pintaan. Suojaava kerros ja vuorausosat huomattavasti matalampia kuin perinteiset vuoraukset. Suojaava malmipatja sekä yksittäinen vuorauskomponentti on esitetty kuvassa 16. Magneettien napaisuuden vaihtelulla vuorausosassa saadaan pintaan muodostumaan myös aaltomainen profiili suojaavasta materiaalikerroksesta. Magneettisia vuorauspaloja voidaan käyttää sekundäärijauhatusmyllyissä, kun prosessiolosuhteet ovat sopivat. Tämä edellyttää malmin magneettisuutta sekä sopivan kokoista jauhattavaa materiaalia sekä jauhinkappaleita. Menestyksekkäästi magneetti vuorauksia on ollut käytössä LKAB ruotsin kaivoksilla sekundääri myllyissä. (Powell, Smit 2006. s. 3-5)

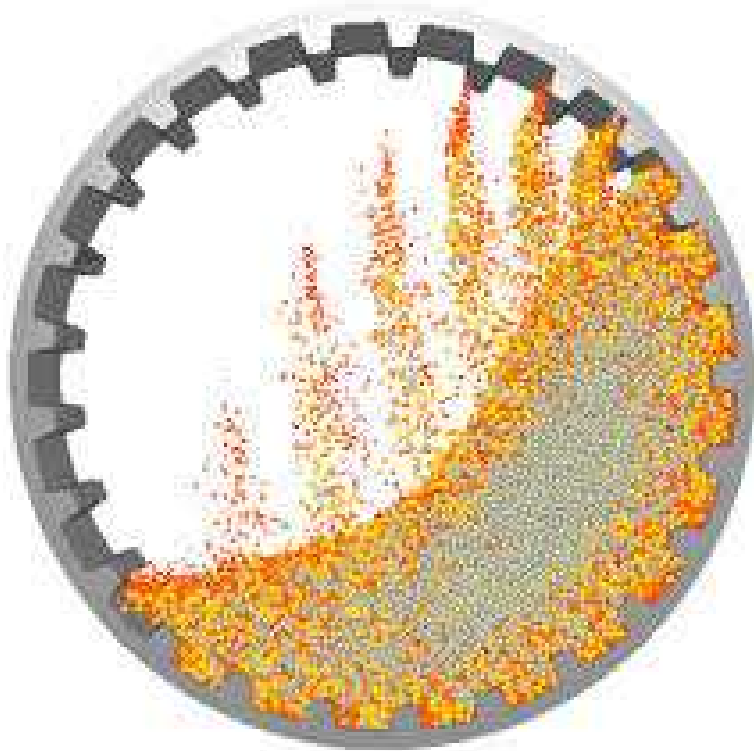


KUVA 16. Magneettivuoraus sekundääri kuulamylyssä ja yksittäinen vuorauspaneeli. (Powell, Smit, 2006)

### 2.3.3 Vuorausprofiilit

Vuorausprofiililla tarkoitetaan miten myllyn vaipan vuoraus on toteutettu. Vuorausprofiilin valintaan vaikuttavat jauhattava malmi, jauhinkappaleet ja myllyn mitoitus ja poraus. Vuorausprofiilit voidaan toteuttaa joko integroiduilla osilla tai erillisiä nostajia käyttäen. Pääperiaate on että mitä hienompaa jauhetaan, sitä matalampi ja pyöreämpi vuorausprofiili on. Vuorausprofiileita ovat mm. aalto, symmetriset ja epäsymmetriset,

tasakorkeat ja Hi-Low vuorausprofiilit. Vuorausprofiileista on useita eri variaatioita riippuen mistä materiaaleista ja millä menetelmillä osat on valmistettu. Kumi ja kumite-räs vuorausosissa yleisesti käytetään kuulamylyissä tasakorkeaa vuorausprofiilia sekä aaltovuorausta ja AG ja SAG myllyissä voidaan käyttää myös Hi-low vuorausprofiilia. Vuorauksen suunnittelun apuna voidaan käyttää DEM -simulointia (Discrete Element Method). DEM -simuloinnissa lasketaan ohjelmallisesti yksittäisten partikkelien liikkeitä ja kinetiikkaa eli nopeusvektoreita. Jauhinkappaleiden ja materiaalin liikettä myllyssä voidaan simuloida ja sen avulla kehittää optimaalista vuorausta jauhatuksen ja vuorauksen keston ja toimivuuden kannalta. Kuvassa 17 on kuulamyly DEM -simuloituna. (Mustakangas 2012. Mustakangas 2009)



KUVA 17. kuulamylyn jauhatusprosessi DEM -simulaationa. (Kuva: Teknikum)

Tasakorkeassa vuorausprofiilissa kaikki nostopalkit ovat yhtä korkeita ja tasakorkea vuorausprofiili on esitetty kuvassa 18. High low vuorauksessa on erikorkuiset palkit peräkkäin, vuoraus voidaan toteuttaa jo alusta asti olevilla erikorkuisilla vuorauspalkeilla tai vaihtamalla vain joka toinen palkki vaipan vuorauksen yhteydessä. High low vuorausprofiili on esitetty kuvassa 19. (Powell, Smit 2006. s. 3-5)



KUVA 18. Tasakorkea vuorausprofiili



KUVA 19. High low vuorausprofiili

Aaltovuoraukseen jota käytetään yleisesti kuulamylyissä, jonka erityispiirteenä on se että se säilyttää hyvin vuorausprofiilin kuluessaan tasaisesti. Tupla-aalto on hienostuneempi aalto vuorauksen versio. Symmetrisen muodon takia voidaan myllyä pyörittää molempiin suuntiin, jolloin vuoraus voidaan käyttää tehokkaasti loppuun. Aaltovuoraus on esitetty kuvassa 20. (Powell, Smit 2006. s. 3-5)



Wave Type Mill Liners



Figure 5. High-low wave ball mill liner

KUVA 20. Aaltovuoraus ja Hi- low tupla-aaltovuoraus teräsvuorausosina toteutettuna. (Powell, Smit 2006)

Epäsymmetrisissä nostajissa on erilaiset profiilit riippuen onko se nostajan ottavalla puolella vai seuraavalla puolella. Nostajan profiili voidaan paremmin suunnitella sopimaan myllyn nopeuden, täyttöasteen ja jauhinkappaleiden mukaan. Tällä tavoin voidaan vuorauksen avulla optimoida myllyn tehokkuutta. Myös kiinnityspultti on kauempana kuluvasta kohdasta, koska se ei ole nostaja keskellä vaan epäsymmetrisesti, jolloin vuorasta voidaan käyttää pitempään ennen kuin osa täytyy vaihtaa. Tätä profiilia käytettäessä ei ole mahdollista vaihtaa myllyn pyörimissuuntaa profiilin muodon takia. Epäsymmetrinen vuorausprofiili on esitetty kuvassa 21. (Powell, Smit 2006. s. 3-8)



KUVA 21. yhteen suuntaan profiloidut epäsymmetriset nostajat teräsvuorausosilla toteutettuna. (Powell, Smit 2006)

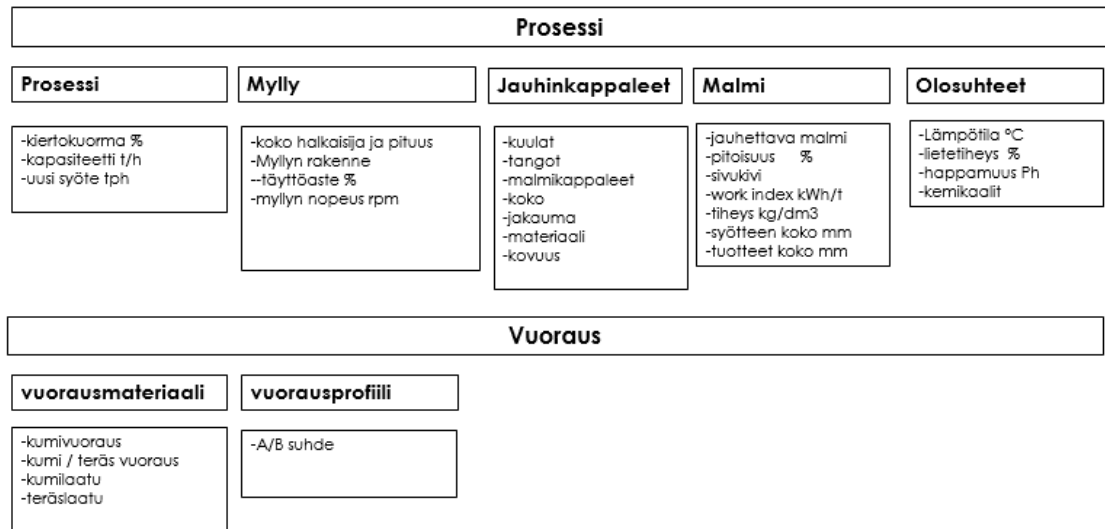
### 3 MYLLYNVUORAUSTEN KUNNONVALVONTA

#### 3.1. Myllynvuorausten kuluminen

Myllynvuorauksen kuluminen aiheutuu jauhatuksessa tapahtuvista ilmiöistä. Jauhatus perustuu iskuun ja puristukseen, hankaukseen eli hiertoon, materiaalin leikkautumiseen ja yhteentörmäyksiin. Ilmiöt aiheutuvat jauhinkappaleiden ja myllyssä jauhettavan materiaalin putoamis- ja vierintäliikkeistä. Samat ilmiöt jotka vaikuttavat materiaalin jauhatukseen vaikuttavat myös myllynvuoraukseen. Vuorauksen kuluminen on pääasiassa siis mekaanista kulumista, mutta jonkin verran voi esiintyä myös korroosiokulumista, kun kyseessä on märkäjauhatus. Prosessikemikaaleja voidaan myös käyttää, jotka voivat olla happamia tai emäksiä joten myös kemiallista kulumista saattaa esiintyä. Vuorauksen kulumiseen vaikuttavia tekijöitä on kuvattu kuviossa 3.

Korkeat prosessilämpötilat voivat myös aiheuttaa varsinkin kumivuorauksissa ennakoitua voimakkaampaa kulumista vuoraukselle. Myllyssä tapahtuu siis monia eri samanaikaisia kulumisilmiöitä, joita on vaikea ennustaa tai simuloida. Myös syötteen tasalaatuisuus voi vaihdella riippuen siitä mistä sitä on esim. louhittu. Vuoraus on yksi muuttuva tekijä kulumisessa, koska jauhettavat materiaalin liikerata muuttuu vuorauksen kuluessa. vuorauksen madaltuessa, kumilla iskuja vaimentava ominaisuus pienenee, joka voi aiheuttaa vuorauksen nopeampaa kulumista.

Jauhatuksessa ja vuorauksen valinnassa huomioitavia tekijöitä ovat ainakin jauhettavan materiaalin ominaisuudet, jauhatuskapasiteetti t/h, syötteen karkeus, tuotteen karkeus, onko jauhatus märkä- vai kuiva jauhatusta. Vuorauksella voidaan vaikuttaa käyttökustannuksiin ja hankintahintaan. (Powell, Smit 2006. s. 3-5, Mustakangas 2012, Murskaus, jauhatus ja luokitus, kaiva.fi)



KUVIO 3. Kulumiseen vaikuttavia tekijöitä.

### 3.2. Vuorausten kunnossapito

Kaivosteollisuudessa jauhinmyllyjä pyritään käyttämään mahdollisimman tehokkaasti, joka tarkoittaa mahdollisimman suurta käyttöastetta ja tehokasta jauhatusprosessia. Jauhinmyllyt ovat yleensä prosessin kannalta kriittisiä laitteita, ilman niitä koko laitos voi pysähtyä tai laitos toimii huollon aikana ne toimivat vajaalla kapasiteetilla. Myllyjen huoltoaika sekä ennakoimattomat pysähdykset pienentävät myllyjen käyttöastetta, joten vuorausten systemaattiset ennakkohuollot ja ennakoiva kunnonvalvonta on erityisen tärkeää.

Myllynvuorauksen tehokkuus jauhatuksessa ja vuoraukset, kuten vuorauksien, vuorausten vaihdon aiheuttamat kustannus ja sekä vuoraustyön aikana menetetty kapasiteetti ovatkin isoimpia kustannustekijöitä jauhatuskustannuksissa myllyjen energiankulutuksen ja jauhinkappaleiden lisäksi. Vuorauksen suunnittelulla, materiaalinvalinnoilla ja huollettavuudella voidaan siis vaikuttaa jauhatuksen kokonaiskustannuksiin. Kuviossa 4 on esitetty erityyppisten myllyjen jauhatuksen kokonaiskustannuksia jauhinkappaleiden, energiankulutuksen ja vuoraukset suhteen.

### COST OF GRINDING

The main costs for grinding are energy, liners and grinding media. They are different for different mill types.

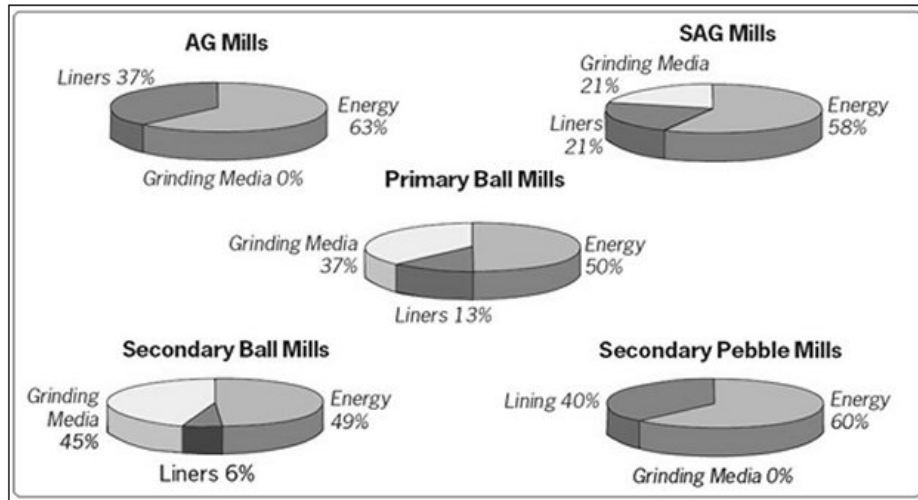


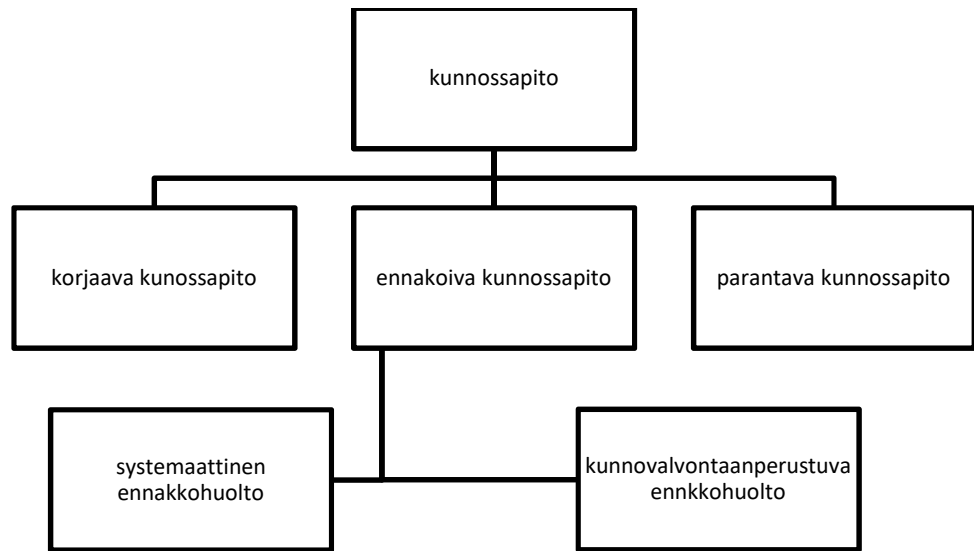
Figure 6: Cost of grinding in different mills

#### KUVIO 4. Jauhamisen kustannukset. (WWW-sivu Infomine)

Vuorausten kunnossapito toteutetaan ennakoivana kunnossapitona, joka tarkoittaa systemaattisia ennakkohuoltoja ja kunnonvalvontaan perustuvaa ennakkohuoltoa (kuvio 5). Systemaattinen ennakkohuollon edellytyksenä on vuorausosien kulumisnopeuden tietäminen prosessissa, jonka avulla voidaan määrittää oikea aikaiset huoltovälit vuorausosille.

Erityisesti suunnittelemattomat pysähdykset ovat hankalia, koska silloin ei välttämättä vuorausosia ole varastossa tai henkilöstöä vuoraukseen vaihtoon ei ole heti saatavilla yleensä myös laitoksen muut huoltotyöt on suunniteltu tehtäviksi vuorauksen vaihdon yhteydessä, silloin myös niiden järjestäminen hankaloituu.

Vuorausten ennakoivalla kunnonvalvonnalla pyritään minimoimaan riskit ennakoimattomista pysähdyksistä, eli päätarkoituksena varmistaa, että kunnossapito kokonaisuudessaan olisi ennakoivaa kunnossapittoa eikä korjaavaa kunnossapittoa.



KUVIO 5. Kunnossapidon määritelmä. (Opetushallitus, Kunnossapito menestystekijät, muokattu)

Jauhinmyllyjen kunnossapito sisältää vuorausten osalta vuorausten purku- ja asennustyön. Ennakoivana kunnovalvontana voidaan pitää vuorausten tarkastus- ja mittaus-toimintaa, jota suoritetaan vuoraustyön aloitusvaiheessa. Kuviossa 6. on kuvattu vuorausosien vaihtoon liittyvät kunnossapitotyöt.



KUVIO 6. Kuvaus vuorausten kunnossapitotyöstä.



### 3.3. Vuorausten ennakoiva kunnonvalvonta

Ennakoivana kunnonvalvontana voidaan pitää toimintaa, joka tarkoituksena on pyrkiä siihen, että kunnossapito voidaan toteuttaa systemaattisilla ennakkohuolloilla. Vuorauksen kulumista seurataan mittauksilla, jotka voidaan toteuttaa eri mittausmenetelmiä käyttäen. Vuorausosien kulumisennusteet perustuvat siihen miten vuoraus on kulunut uudesta tai edellisestä mittauskerrasta. Kulumisnopeus voidaan laskea perustuen vuorauksesta mitattuun kulumaan, kun sitä verrataan mittausvälin käyttötunteihin, jauhetuihin tonneihin tai kalenteriaikaan. Kulumisnopeuden määrittämisen jälkeen voidaan laskea vuorausosille kulumisennusteet ja määrittää osien vaihtosuositukset. Vuorausosien kulumisennusteeseen laadintaan vaadittavia tietoja ovat ainakin:

- osien käyttöikä mittaushetkellä
- mitattu kuluminen
- osalla jauhetut tonnit
- osalla ajetut tunnit
- vuorausprofiili uutena.

Tärkeimpänä asiana vuorausten mittaamisella voidaan pitää vuorausosien seuraavan vaihtoajankohdan määrittämistä. Yleisesti myllyjen vuorauksia mitataan samalla, kun myllyjenvuorauksia tehdään. Koska myllyt ovat prosessin kannalta kriittisiä laitteita, niin niiden käyttöaika pidetään mahdollisimman suurena. Mittaus kertoo ainoastaan nykyisen vuorauksen tilan. Mittaustulosten analysointiin tarvitaan tieto vuorauksen alkuperäisestä mitoituksista. Ajoarvot kuten käyttötunnit ja ajetut tonnit on saatava, jotta vuorauksen mittauksen perusteella voidaan antaa arvioita jäljellä olevasta käyttöiästä. Vuorausten vaihtoajankohdan tarkka määrittäminen vaikeutuu myös siinä vaiheessa, kun vuorauksia ei vaihdeta kerralla kokonaan, vaan vaihdetaan esimerkiksi osa eniten kuluvista vuorausosista. Kuviossa 7 on kuvattu tehtäviä jotka liittyvät vuorausten ennakoivaan kunnossapitoon.



KUVIO 7. Vuorausten ennakoiva kunnossapito.

Jos vuorauksia ei erikseen mitata ja prosessi sekä vuorausosat ovat olleet pitkään samassa kohteessa. Voidaan ilman mittaamista toteuttaa ennakkohuollot, mutta näissäkin tapauksissa on kuitenkin todettu / testattu vuorausosien kesto eli luotetaan historia-tietoon.

### 3.4. Vuorausten vaihtovälit

Vuorausosien vaihtovälit määrittyvät niiden kulumisen nopeuden perusteella, yleisesti kumivuorauksissa nopeimmin kuluvat vuorausosat ovat nostopalkit. Nostopalkit vaikuttavat myös huomattavasti myllyn jauhatukseen, jolloin nostokorkeuden laskiessa on kannattavampaa vaihtaa nostopalkit uusin jolloin myllyn jauhatustulos paranee, vaikka niissä olisikin vielä materiaalia jäljellä.. Nostopalkkeja vaihdetaankin useammin, kuin päätylevyjä ja vaippalaattoja vuorauksen eliniän aikana. Tyypillisesti levyjen kesto onkin 2 kertaa pidempi, kuin nostopalkeilla. Vuorausten vaihtoväleistä saatava tieto on oleellisen tärkeää vuorauksen kulumisen ennustamisen kannalta. Tietoa vuorauksen kestoista sekä nykyisen vuorausosien käyttöiästä on tallennettava ja seurattava, jotta huollot voidaan suorittaa ennakoivana eikä korjaavana kunnossapitona. Myös oston kannalta on oleellista että vuoraus osat tilataan oikeaan aikaan, koska osia ei tehdä varastoon valmistajalle ja valmistus aika on useita viikkoja. Tyypillisiä vuorausosien vaihtoja ovat että:

**Kaikki vuorausosat vaihdetaan kerralla**

Kaikki vuorausosat nostopalkit ja sekä vaipan ja päätyjen vuorauslevyt vaihdetaan samalla kertaa. Tässä tapauksessa vuorauksen käyttöiän määrittäminen ja mittauksien suoritus on yksinkertaista koska vuoraukset ajetaan loppuun samoilla vuorausosilla. Kuluminen on yleensä helposti ennakoitavissa.

**Nostopalkit vaihdetaan useammin kuin levyt**

Nostopalkit vaihdetaan, mutta päätyjen sekä vaipan levyt jätetään vaihtamatta, eli koko vuorauksen vaihtuessa on käytetty 2 settiä nostopalkkeja ja 1 setti päätyjen ja vaipan vuorauslevyjä. Ensimmäinen vaihtoajankohta on helposti määritettävissä, kun nostopalkit vaihdetaan yleisesti, kun niiden nostokorkeus ei enää ole riittävä tehokkaan jauhamisen kannalta. Samalla on kuitenkin myös huomioitava, etteivät vaipan ja päätyjen vuorauslevyt pääse kulumaan liian ohuiksi. Kun vuorauspalkit nostokorkeus on matala, niiden jauhettavaa materiaalia nostava vaikutus alkaa heikentyä, niin samalla hiertävä kulutus kasvaa suuremmaksi ja tämä saattaa kuluttaa loppuvaiheessa levyjä voimakkaasti.

## 4 MYLLYNVUORASTEN MITTAUSMENETELMÄT

Myllyjen vuorausten eliniän arviointi ja seuraaminen on yleensä toteutettu joillain seuraavista menetelmistä manuaalinen mittaus ja siihen yhdistetty visuaalinen tarkastus, laserskannaus, vuorausprofiilin mittaus mittauskampojen avulla. Kaikki edellä mainitut menetelmät vaativat myllyn pysäyttämisen mittaamisen ajaksi ja suurin osa menetelmistä vaatii myös, että mittaajan on mentävä myllyyn sisälle mittauksen ajaksi.

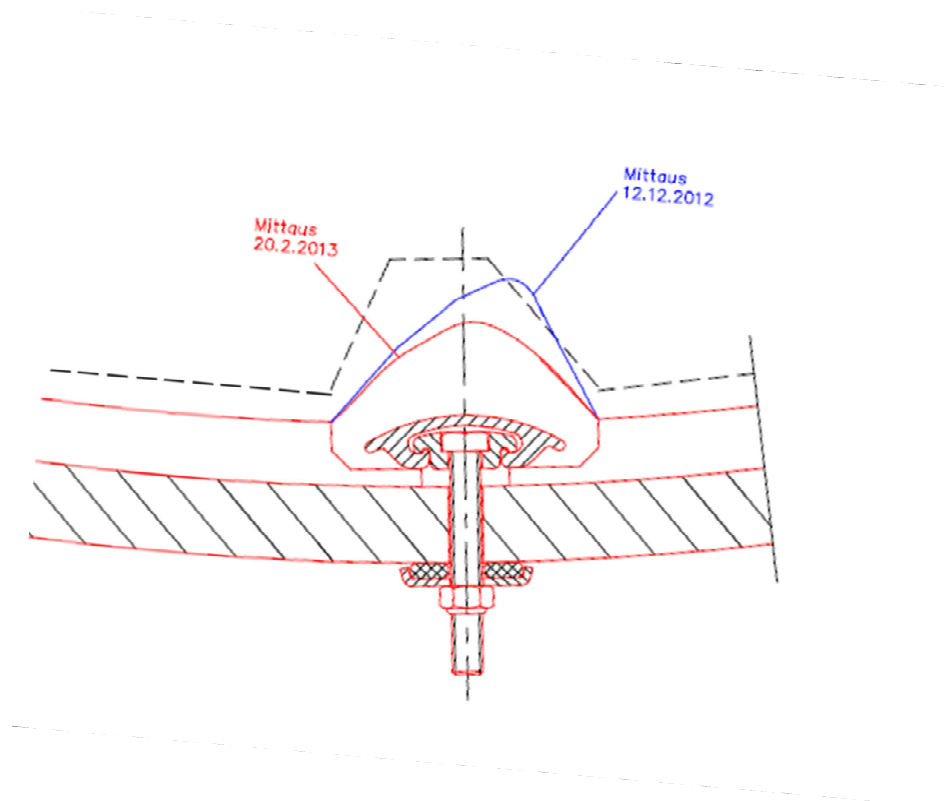
### 4.1. Visuaalinen tarkastus ja manuaalinen mittaus

Tässä menetelmässä myllyyn kunnonseurantaan käytetään kahta menetelmää. Vuorauksen kuntoa seurataan visuaalisesti sekä vuorauksesta mitataan kuluneimpia kohtia tai systemaattisesti koko vuorausta sektoreittain. Visuaalisella menetelmällä tarkistetaan, että vuorauksessa ei ole erityisen kuluneita kohtia ja voidaan alustavasti arvioida vuorauksen kestoikää. Manuaalisella mittauksessa mittavälineinä käytetään rullamittaa, jolla mitataan palkkien nostokorkeudet palkin jättöpuolelta vaippalaatan reunasta ja mittauspiikkiä, joka lyödään kumivuorauksen läpi, joillain uppoamissyvyyden perusteella voidaan määrittää päätylevyjen ja vaippalaattojen paksuus (kuva 22).



KUVA 22. Nostokorkeuden ja vaippalaatan mittaus manuaalisella menetelmällä. (Kuva: Teknikum)

Menetelmällä voidaan tehdä joko paikkakohtainen mittaus tai mitata koko myllyn vuorausalueittain. Mitatut tulokset voidaan yhdistää myllyn mittapiirroksen, jolloin voidaan piirtää mittaustulos alkuperäisen vuorauksen päälle, joka helpottaa kulumisen analysointia ja vuorausennusteen laadintaa ja visualisointia kuvan 23 mukaisesti.



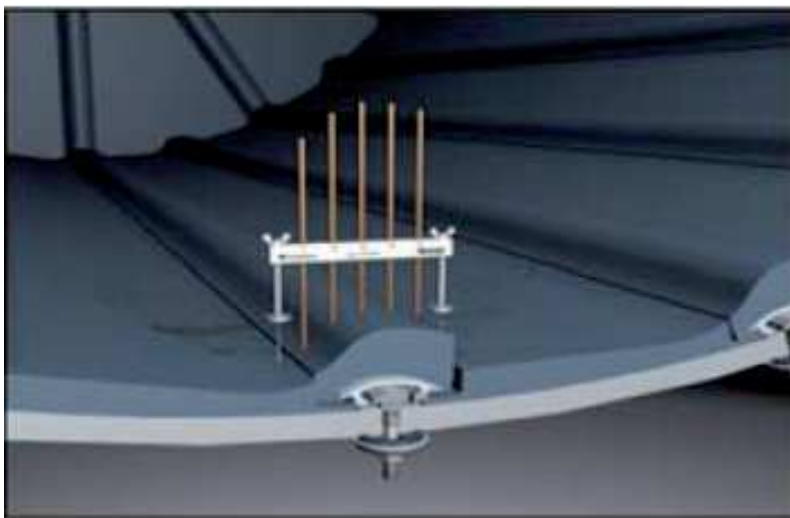
KUVA 23. Mitatut vuorausprofiilit CAD ohjelmalla piirrettyinä. (Kuva: Teknikum)

Menetelmä vaatii myllyn pysäyttämistä sekä siihen liittyvien turvallisuustoimenpiteiden suorittamista. Koska myllyn pysäytys vaatii koko prosessin pysäyttämistä, niin mittaukset suoritetaan yleisesti huoltoseisakkien aikana. Mittaustarkkuus menetelmällä on karkeasti arvioituna laattojen kohdalla  $\pm 5\text{mm}$  ja palkkien nostokorkeus  $\pm 20\text{mm}$ . Mittausmenetelmä sopii kohtalaisesti kumivuorausosille, mutta kumi/teräs- ja teräsvuorausien mittaaminen on hankalaa ja silloin ei välttämättä saada, kuin pelkästään palkkien nostokorkeus mitattua ja kuluneiden sekä pyöristyneiden osien mittaaminen on hankalaa. Mittaustarkkuuteen vaikuttaa huomattavasti vuorauksen kuluneisuus. Mittauksen kesto on riippuvainen siitä, kuinka laaja mittaus suoritetaan. Yleensä mittauksen kesto on noin 0,5-2 h. Mittauksen jatkokäsittely vaatii mitatun datan mittaustulosten ja valokuvien siirron mittaraporttipohjiin. Tietojen pohjalta voidaan laatia mittausraportti, joka sisältää vuorausmittatiedot ja valokuvat sekä ennusteen vuorausosien kestoista. Toisaalta

tätä menetelmää käytettäessä voidaan jo paikan päällä antaa nopeasti myös ns. pikaraportti myllyn kulumisesta ja määritellä vaihdettavat osat helposti.

#### 4.2. Mekaaniset mittauskamat

Mittauskampa on mekaaninen vuorauksen mittauslaite, joka sisältää rungon ja siinä liikkuvat mittaustangot. Vuorauspalkin viereisen vuorauksen läpi ruuvataan nastat joiden päälle mittalaitteen runko kiinnitetään. Koska kiinnitysnastat ruuvataan myllyyn runkoon asti, niiden avulla saadaan selville missä vuorauksen nollakohta. Mittaustangot lasketaan mitattavan vuorausosan päälle ja mitta-arvot voidaan lukea mittatangoista. Mittauksen periaate on esitetty kuvassa 24. Tätä menetelmää käytettäessä on kuitenkin mentävä myllyyn mittauksen ajaksi. Turvallisuus näkökohdat sekä mittauksen vaatima myllyn valmistelu-aika on otettava huomioon, kun mittauksen kokonaiskesto määritellään. Yksittäisen mittauskohdan mittaustarkkuus on  $\pm 5\text{mm}$  ja useamman mittauksen kokonaistarkkuus on kokonaistarkkuus  $\pm 13\text{mm}$ . Mittausmenetelmän etuna voidaan pitää sitä, että lämpötila tai kosteus eivät vaikuta mittaustulokseen. Mittauksen kesto on 30min 12 palkkia kohden. yhden mittauksen kesto on noin 2.5 min. Mittakammalla mitattavan vuorauksen korkeus on yleensä alle 400mm, mutta mitattavan alueen leveys ja korkeus riippuvat käytössä olevasta mittalaitteesta. Tätä menetelmää käyttäessä mittatulokset tarvitsee erikseen kirjata ylös sekä siirtää mittausraporttiin manuaalisesti. (Dandotiya, Lundberg. s.7)



KUVA 24. Mittauskampa myllynvuorauksen mittaamisen. (Dandotiya, Lundberg, 2014 s.7)

### 4.3. 3D-laserskannerit

3D-skanneri on laite, jolla tutkitaan reaali maailman esineitä tai ympäristöä keräämällä dataa kohteen muodoista. 3D-skannerit ovat hyvin paljon vastaavia tavallisen kameran kanssa. Kuten kameroilla, 3D-skannereilla on kartiomainen näkökenttä ja ne voivat kerätä tietoja vain kohteen pinnoista, jotka eivät ole katveessa. Kamera tallentaa näkökenttensä pintojen väritiedot, 3D-skanneri puolestaan kohteen pinnan etäisyystiedot. 3D-skannerin keräämää dataa kutsutaan pistepilveksi ja dataa käytetään 3D-mallien luomiseen. (Santaluoto. 2012.)

#### 4.3.1 Laserkeilain

Laserskannauksessa myllyyn viedään lasermittauslaite, jolla mylly sisäpuolinen vuoraus mitataan. Myllystä saadaan tällä mitattua kaikki kohdat, jotka eivät ole massan alla. Mittaustulokseen parantamiseksi vuoraus kannattaa puhdistaa ennen mittaamista esim. vesiletkulla. Mittaus on mahdollista tehdä siten että mittalaite asennetaan tukipalkkiin, joka liikkuu myllyn sisälle, jolloin mittaajaan ei tarvitse mennä ollenkaan myllyn sisälle. Vuoraus mitataan uutena asennusvaiheessa, jolloin saadaan referenssimittaus, johon tulevia mittauksia verrataan. Mittaus vaatii kuitenkin myllyn pysäyttämisen, mutta menetelmä ei vaadi henkilön menemistä myllyn suorittamaan mittausta, jos on mahdollisuus käyttää tukipalkkia. Mittaustarkkuus menetelmällä on  $\pm 3\text{mm}$ , mittauksen kesto on ainoastaan noin 15 minuuttia. Mittausetäisyys laserkeilaimilla on mallista riippuen 50-300m. Pistepilventiheys kuitenkin pienenee pitkillä etäisyyksillä, jolloin kauempana olevasta kohteesta saadaan vähemmän mittauspisteitä. (Outotec mill mapper esite) Eri valmistajien laserkeilaimien teknisiä eroja on esitetty taulukossa 3. Testikäytössä olleen Faro Focus S350 laserkeilaimen Faro focus tekniset tiedot on esitetty liitteessä 3 ja mitattu mylly on esitetty kuvassa 26. (Dandotiya, Lundberg. s.6)

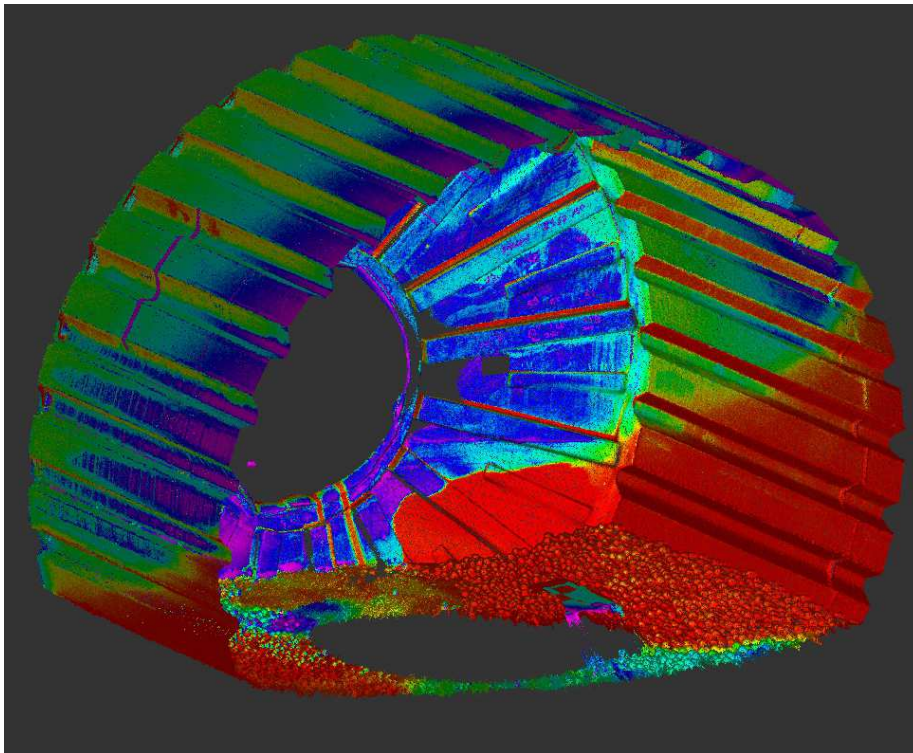


KUVA 25..FARO 3D-laserskeilain. (Faro Focus tuote-esite)

Laite	Kantama m	Keilausnopeus pist/s	Virhe +/- mm	Kamera Mpix	Laserluokka	Paino Kg	Käyttölämpötila °C	Näkökenttä°
Trimble TX5	120	976000	2	70	3R	5	5 - 40	360/300
Faro FocusX130	130	976000	2	70	1	5,2	5 - 40	360/300
Leica ScanStation P15	40	1000000	1	5	1	11,9	-20 - 50	360/270
Leica ScanStation P20	120	1000000	1	5	1	11,9	-20 - 50	360/270
Surphaser® 50HSX	100	1200000		150	3R	11	5 - 45	360/270
Surphaser® 100HSX	100	1200000		150	3R	11	5 - 45	360/270
Z+F IMAGER® 5006h	79	1016027	1	5	3R	14	-10 - 45	360/310

Taulukko 1. Eri valmistajien laserkeilaimia.

TAULUKKO 3. Eri valmistajien laserkeilaimien teknisiä tietoja. (Oksanen, 2012)



KUVA 26. Faro focus S350 3D-laserkeilaimella skannattu kuulamyly. (Kuva: Teknikum)

#### 4.3.2 Käsikäyttöinen laserskanneri

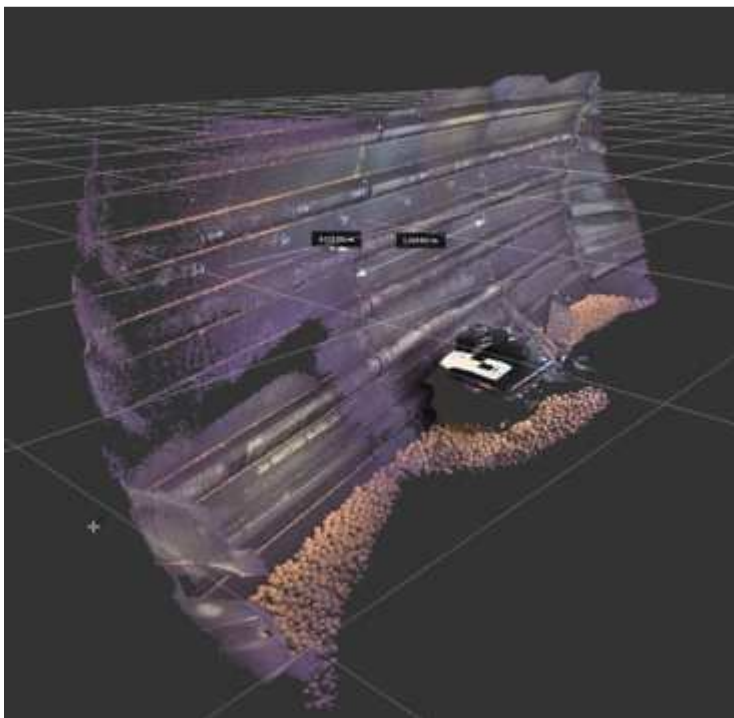
Laserskannaus voidaan toteuttaa myös pienemmällä käsikäyttöisellä laitteistolla, jossa mittaja liikkuu myllyn sisällä skannaten pienemmän alueen kerrallaan. Työn aikana tehtiin testimittaus myllyssä Faron käsikäyttöisellä freestyle 3D-laserskannerilla. Järjestelmä sisältää skannerin sekä ohjaamiseen sekä tiedon tallentamiseen tarvittavan tablet



tietokoneen järjestelmä on esitetty kuvassa 27. Järjestelmä on pienikokoinen ja se ei tarvitse ulkoista virtalähdettä, joten sen käyttäminen myllyn sisällä oli helppoa ja vaivatonta. Skanneri luo skannattavasta alueesta pistepilven joka tallennetaan tablet tietokoneelle, skannatessa aluetta nähdään myös reaaliaikaisesti skannauksen edistymisen ja samalla ohjelmisto myös opastaa skannauksen aikana. Skannausetäisyys laitteella on puolesta metristä kolmeen metriin. Laitteen tarkkuus on parhaimmillaan 1.5mm. Yhdellä skannauksella voi skannata tilavuudeltaan 8m<sup>3</sup> alueen. Parhaiten järjestelmä sopii käyttöön, kun ei skannata koko myllyä, ainoastaan sektoreittain päädyt ja vaipan vuoraus, kuten kuvassa 28. Myös yksittäisten osien skannaaminen on helppo toteuttaa järjestelmää käyttäen. Testikäytössä olleen mittalaitteen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. (Oksanen s.20)



KUVA 27.. Faro freestyle laserskanneri. (Faro Focus tuote-esite)



KUVA 28.. Faro Freestyle käsiskannerilla skannattu kuulamyly. (Kuva: Teknikum)

#### 4.4. Optinen mittaus

Myllyn mittaukseen sopivana menetelmänä pidettiin fotogrametriaa eli tekniikka joka sallii pisteiden ja muotoviivojen mittaamista digikuvien avulla. Järjestelmä sisältää mitauskameran sekä kohdistukseen tarvittavat kohdistusmerkit. Mitattavan kohdan määrittämistä varten mitattavalle pinnalle asetetaan mitausmerkit. Järjestelmä on kannettava, joka helpottaa mittalaitteiston vientiä kohteeseen ja sen käsittelyä mittauksen aikana (kuva 28). Menetelmää voidaan käyttää suurien kappaleiden mittaamiseen, kuten esimerkiksi kuvassa 29 olevan laivan mittaamiseen.



KUVA 28. Tritop Mittausjärjestelmän osat. (www-sivu GOM)

Mittausdata siirretään muistikortilta tai langattomasti jatkokäsittelyä varten tietokoneella. Useasta valokuvasta mitattu data yhdistetään laitteiston ohjelmistolla yhteiseen koordinaatistoon. Tyypillisiä tuloksia ovat vertailu CAD malliin, pituudet, kulmat, halkaisijat ja tasomaisuus. Menetelmässä mittapisteiden määrä määrittää sen, kuinka paljon 3D-mittausdataa voidaan malliin tuoda mittauksien kautta. Menetelmän soveltamista jauhinjauhin myllyjen mittaukseen vaikeuttaa mittapisteiden laittaminen vuorauksen pintaan, joka saattaa olla käytän jäljiltä kostea ja likainen. Tätäkin menetelmää käytettäessä mitaajan tarvitsee mennä mittauksen ajaksi myllyyn. Mittauksen kesto riippuu siitä kuinka laaja mittaus tehdään, eli siitä kuinka paljon mittapisteitä asetetaan vuorauksen pintaan. Menetelmällä tehtiin testimittaus kuulamylyssä ja mitatut poikkileikkaukset yhdistettynä vuorauksen 3D-malliin on jonka periaate esitetty kuvassa 30.

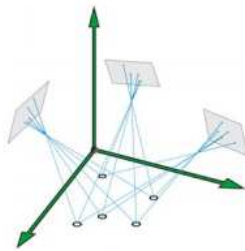


Fig. 3: Display of bundle adjustment of three camera positions

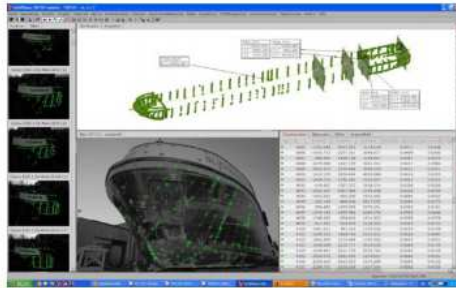
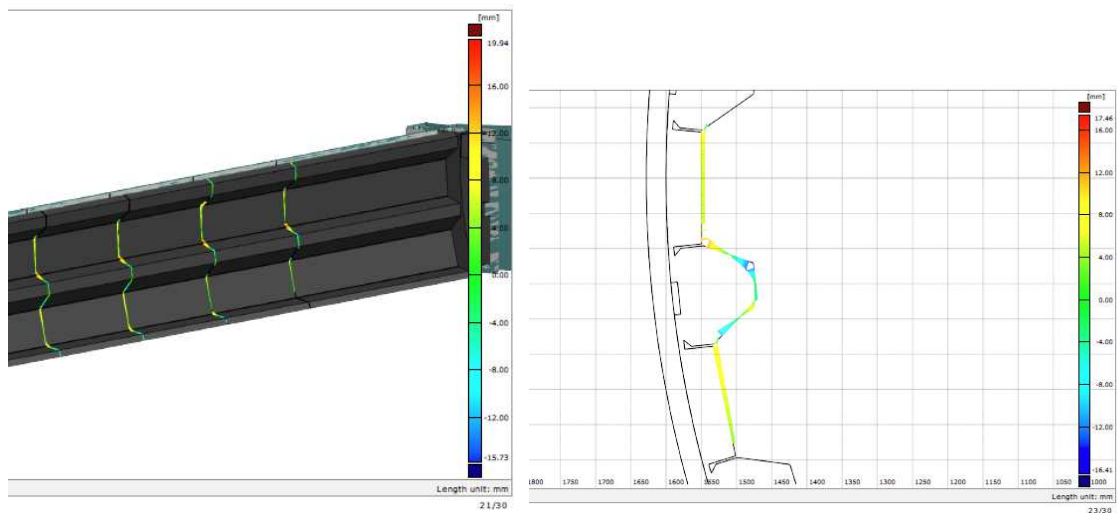


Fig. 4: 3D coordinates measured from a series of 2D images in the TRITOP software



Fig. 2: The mobile optical TRITOP<sup>SM</sup> system in use at a dry-dock. System and accessory can be easily transported by a single person. The system can be operated during measurement and evaluation without external power supply

KUVA 29. Gom Tritop optinen mittauskamera. (www-sivu GOM)



KUVA 30. Mitatut poikkileikkaukset yhdistettynä 3D-malliin Tritop mittauslaitteistolla. (Kuva: Teknikum)

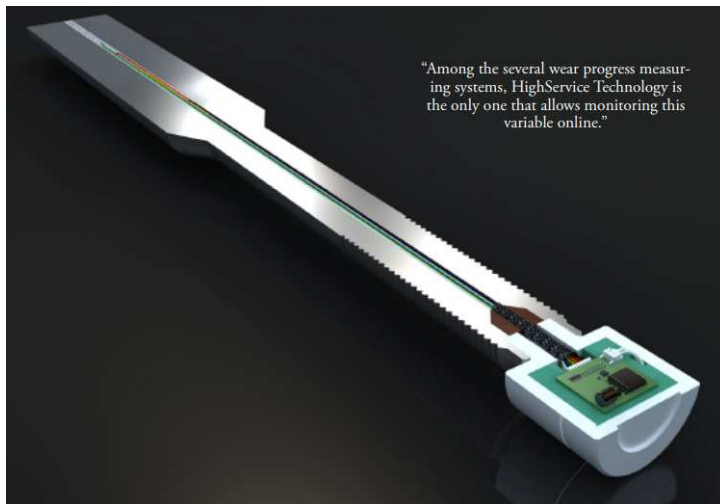
#### 4.5. Mittausanturit

Teräsvuorauksiin on tarjolla ainakin kahden valmistajan kaupallisia sovelluksia mittaantureista, jotka ovat erikoisvalmisteisia kiinnityspultteja. Esimerkkinä voidaan mainita Kaltechin valmistamat Ibolt kiinnityspultit (kuva 31), joissa hälytyspisteet esim. 50% kulumine vihreä valo, 65% kuluminen oranssi valo ja 80% kuluminen punainen valo. (www-sivu kaltech)

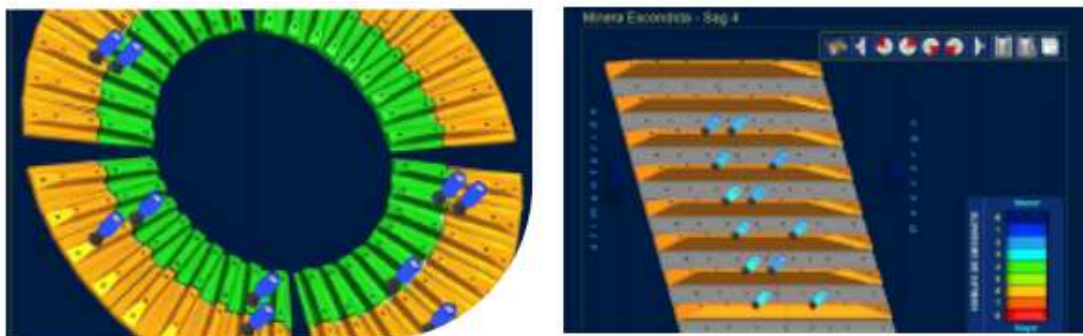


KUVA 31. Kaltech Ibolt vuorauspultti. (www-sivu Kaltech)

Toisena esimerkkinä voidaan mainita Highservicen valmistama Smart Wear Sensor kiinnityspultit (kuva 32), joilla on mahdollista seurata vuorauksen kulumista reaaliajassa. Pulteissa on sisällä anturi, joka mittaa pultin pituuden muutosta sekä pultin päässä elektroniikka yksikkö, joka mittaa ja lähettää mittaustiedot järjestelmään (kuva 32). (SWS tuote-esite).



KUVA 32. Teräsvuorausosien kulumisanturi. (High service tuote-esite s.3)



KUVA 33. Teräsvuorausosien kulumisanturit myllyn päädyssä ja vaipalla. (High service tuote-esite s.2)

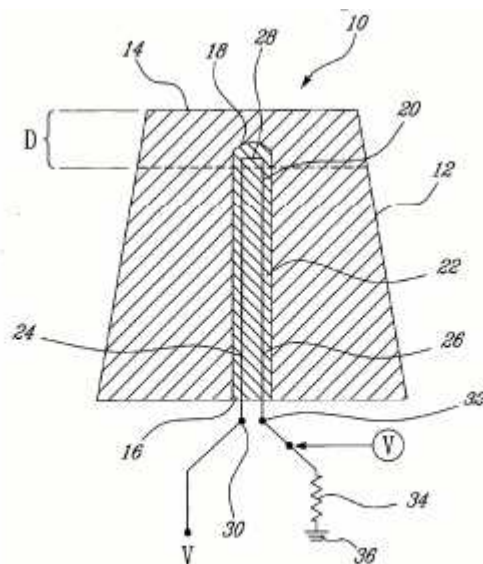


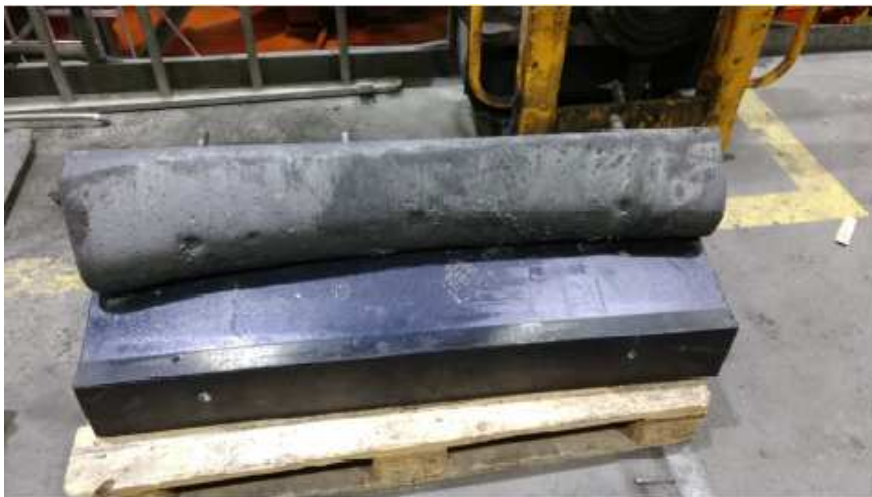
Figure 8 Measurement device inserted in liner [11]

KUVA 34. Mittausanturi vuorausosassa periaatekuva. (Dandotiya, Lundberg. s.9)

Kumivuorauksien kiinnitystapa poikkeaa teräsvuorauksesta, joten suoraan erikseen tehtäviä mitta-anturi vaikeampi toteuttaa. Kumivuorauksessa joudutaan tekemään erilliset mitta-anturilla varustetut vuorausosat, jos tämän tyyppistä järjestelmää käytetään. Esimerkkinä voidaan pitää kuvan 36 mukaista kolmella mitta-anturilla varustettua palkkia, jolloin mitta-anturista tuodaan anturinjohto kiinnityspultin läpi myllyn ulkopuolelle kuten kuvassa 35.



KUVA 35. Mittausanturin lähettimet myllyn ulkopuolella. (Kuva: Teknikum)



KUVA 36. Mitta-anturilla varustettu uusi ja käytetty testipalkki. (Kuva: Teknikum)

Kumivuorauksien kohdalla vielä ei ole kaupallisia sovelluksia mitta-antureista saatavilla. Mitta-anturit sisältävät vuorausosassa olevan mitta-anturin sekä elektroniikan, joka suorittaa mittauksen anturista. Mittaustieto antureista saadaan joko lukemalla mitta-anturin tiedot paikan päällä tai mitta-anturissa on lähetin, joka lähettää tiedot päätelaitteelle joka on yhteydessä internettiin sovellukseen, jolla voidaan mittatulokset lukea.

Etuna mitta-antureilla toteutetulla mittausjärjestelmällä olisi se että myllyä ei tarvitse pysäyttää mittauksen ajaksi ja mittaaminen olisi reaaliaikaista. Haittapuolena on vielä tässä vaiheessa se, että mitta-anturit ovat vielä kehitys asteella kumivuorausten ja niiden mittatarkkuus sekä luotettavuus eivät ole vielä riittäviä teolliseen käyttöön. Huonona puolena voidaan mainita myös, että mittauksen kattavuus riippuu mitta-antureiden määrästä vuorauksessa. Tällä menetelmällä voidaan vuorauksesta varustaa 1 rivi päädyistä ja vaipalta anturi-osilla ja olettaa että kuluminen myös muussa vuorauksessa on samanaista. Hälytystyyppisenä järjestelmänä anturointi vuorausosissa voisi toimia paremmin.

#### 4.6. Epäsuorat mittausmenetelmät

Epäsuoria mittausmenetelmiä ovat tavat, joilla mitataan esimerkiksi myllyn tehonottoa, ääntä, värinää tai kiinnityspultteihin kohdistuvia voimia myllyn vuorausosien osuessa massaan. Epäsuoran mittauksen perusteella pyritään määrittämään vuorauksen kulumista. Epäsuorista menetelmistä on tehty kokeita, mutta ne eivät ole vielä kaupallisessa käytössä. Epäsuorat menetelmät ovat vielä kehitysasteella ja varsinkin mittatarkkuus vuorausten osalta ei ole vielä riittävän luotettavalla tasolla. Prototyyppejä tämän tyyppisistä ratkaisuista on kehitetty. Esimerkkinä voidaan mainita Process ITInnovation ja Luleån yliopiston yhteistyössä tehty mittalaite. Joka on asennettu myllyn kiinnityspultteihin myllyn vaipalle mittaamaan pultteihin kohdistuvia voimia ja värinää, joiden perusteella voidaan mitata vuorauksen kulumista. järjestelmä on kuvattu kuvassa 37. (Dandotiya, Lundberg. s.9)



KUVA 37. Epäsuora mittauslaite myllyn kiinnityspulteissa. (Dandotiya, Lundberg. s.9)

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 5.1. Haastattelututkimus

Työtä varten toteutettiin kyselytutkimus, jonka avulla pyrittiin kartoittamaan asiakkaiden nykyistä käytäntöä myllyjen kunnonvalvonnassa. Tutkimuksessa oli aihealueina nykyinen toimintatapa, vuorausvälin määrittäminen sekä mittaustulosten raportointi. Tutkimuksella pyrittiin selvittämään mikä on asiakkaan kannalta tärkeää vuorausten kunnonvalvonnassa.

Tutkimus toteutettiin keväällä 2017, tutkimus lähetettiin neljälle eri kaivosteollisuuden yritykselle. Vastaajina olivat laitoksen myllyjen toiminnasta vastaavat käyttöinsinöörit. Kaikki kyselyn vastaanottaneet vastasivat kyselyyn.

Tutkimuksessa oli yhteensä 19 kysymystä, Kyselyssä oli monivalintakysymyksiä sekä arviokysymyksiä asteikolla 1-5. 7 kysymystä koski vuorausten mittausta, 4 kysymystä vuorausten vaihtovälin määrittästä ja 8 kysymystä mittaustulosten raportointia ja dokumentointia. Tutkimuksessa oli myös 1 vapavaalintainen kysymys, johon vastaaja on voinut antaa vapaat kommentit ja kehitysehdotukset koskien vuorausten kunnonseurantaa ja raportointia. kyselyssä käytetty kyselykaavake on esitetty liitteessä 1.



## 5.2. Haastattelututkimuksen yhteenveto

### 5.2.1 Mittaustapa

Myllyjen kuntoa valvotaan kaikkien vastaajien keskuudessa, tärkeimpänä tavoitteena kunnonvalvonnassa pidetään vuorausosien seuraavan vaihtovälin määrittystä. Myös nopeaa vuorauksen kunnontarkistusta ja testissä olevien vuorausosien vertailun todentamista pidetään tärkeänä. Vuorauksessa olevien kehityskohteiden vuoksi tehtävää mitaamista pidettiin myös tärkeänä.

Mittaukset suoritetaan itse tai käytetään vuoraustoimittajan tarjoamaa mittauspalvelua. ulkopuolisen yrityksen tekemää mittausta ei käytetä vastaajien keskuudessa ollenkaan. Vuorauksen kunnonvalvonta vaatiikin tiivistä yhteistyötä vuorausvalmistajan kanssa. Käytössä oleva mittaustapa on manuaalinen mittaus siten että mitataan joko kuluneimmat kohdat tai tehdään systemaattista mitaamista kehittäin. Mittaamisen yhteydessä otetaan myös valokuvia vuorauksesta. Uusia mittaustapoja kuten 3D-laserskannausta tai reaaliaikaista mittausta ei ole vielä käytössä vastaajien keskuudessa.

Laitoksessa olevia myllyjä mitataan keskimäärin 3-5 kertaa vuodessa / mylly ja vuorausten mittaus tapahtuu silloin, kun tehdään myös vuorausten vaihtotyötä tai myllyt ovat pysähdyksissä laitoksen muiden huoltotöiden vuoksi. Mittauksia tehdään riittävän useasti, jotta mittaustulokset vuorauksen kulumisesta olisi saatavilla.

Prosessista kerätään tietoa esim. ajotonneista, käyttötunneista ja tehonotosta, malminvaihteluista ja jauhinkappaleista. Kerättyjä tietoja ei kuitenkaan yhdistetä vuorausten kulumiseen. Prosessiarvojen ja vuorauksen mittaustulosten yhdistäminen voisi parantaa vuorausten kunnonvalvontaa ja tällä tavalla olisi mahdollista tehdä tarkempia ennusteita vuorauksen kulumisesta.

### 5.2.2 Vaihtovälin määrittäminen

Vuorauksien kulumista arvioidaan sillä kuinka paljon vuoraus on kulunut edellisestä mittauksesta esim. mm/kk. Mitatun tiedon perusteella arvioidaan kuinka paljon käytössä olevalla vuorausosalla voidaan vielä ajaa ja tällä tavoin määritetään koko vuorauksen tai vuorausosan seuraava vaihtoajankohta.

Yhden vastaajan prosessissa on kiinteät huoltoseisakit 3 kuukauden välein, jolloin kiinteät huoltoseisakit määrittelevät mikä on vuorausosien vaihtoväli. Tässä tapauksessa mittauksessa tarkistetaan vuorausosan paksuus. Kaikki ne osat mitkä eivät kulumisnopeuden mukaan kestä yli kolmea kuukautta vaihdetaan. Vuorauksien vaihto voidaan jakaa vuorauksen määrittelemään tai huoltoseisakkien määrittelemään vaihtoväliin.

Vuorausajankohtien määrittäminen tekee vuorastoimittaja tai arviointityö tehdään itse apuna käyttäen vanhaa historiatietoa vuorausosien kestoista.

vapaita kommentteja koskien vaihtovälin määrittäystä:

*”Meillä kiinteät seisakit kolmen kuukauden välein. Kulumista seurataan mm/3kk. Arvioidaan kestääkö vuoraus vielä seuraavat 3kk vai pitääkö suorittaa vaihto”*

*”Silmämääräiset arviot ja valokuvat vs. kertynyt kokemus”*

*”Kommentti: Tonnit ja kuulapanos pitäisi ottaa myös seurantaan myllyjen vuorauksen kestoian seuranta varten.”*

vapaita kommentteja koskien vaihtovälin määrittäyksessä olleita ongelmia.

*”Kuluminen on suhteellisen tasaista sekä pitkä aikainen mittauskokemus edesauttaa sitä, että vuorausvälin arviointi on helpohkoa. Ei ole ollut juurikaan ongelmia.”*

*”Hallintotasolla kielletty myllyn vuoraus (väärä kvarttaali)”*

*”Viivästynyt osien hankinta”*

*”Vaippalevyjen kuluminen on lisääntynyt joka on aiheuttanut turhia tuotantokatkoja. Vuorausten pitää kestää se väli mitä on suunniteltu vaihtoajankohdaksi.”*

### **5.2.3 Mittausten dokumentointi ja raportointi**

Mittaustulokset ja vuorausosien kestot dokumentoidaan kaikkien vastaajien keskuudessa. Dokumentointiin käytetään omaa tietokonetta ja ne tallennetaan yrityksen verkkoon, josta ne ovat jaettavissa. Osastot jotka tietoa tarvitsevat ovat kunnossapito, prosessi, käyttöinsinööri, aluetyönjohtaja ja hankintaosasto. Hankintaosaston lisääminen tiedonjakelun piiriin kaikissa yrityksissä olisi hyvä parannus oikea-aikaisen oston varmistamiseen.

Samaa dokumentointitapaa käytetään myös silloin kun vuoraustoimittaja toimittaa mittausraportit. Tällä tavalla taltioitu tieto voi olla hankala yhdistää, jos halutaan analysoida tarkemmin vuorausten kulumista yhdistettynä esim. prosessitietoihin. Silloin joudutaan yhdistämään eri tavalla laadittuja mittausraportteja sekä vaihtoajankohtia.

Vuoraustenkunnonvalvontaa ei ole yhdistetty kunnossapito-ohjelmistoon tai muuhun ratkaisuun. Tapoja jolla tietoa ja mittausraportteja halutaan välitettävän, ovat selainpohjainen ohjelmisto tai sähköpostilla toimitettavat raportit. Erikseen asennettavia ohjelmistoja ei haluta käyttää. Myös yhteisiä palavereita pidetään hyvänä tapana kommunikointiin vuorausasioissa. Vuorausten lisääminen esim. kunnossapito-ohjelmistoon voisi helpottaa tiedon hallinnointia.

*Kysymys 18. Onko mahdollista, että yrityksenne voi syöttää prosessitietoja vuoraustoimittajan kunnonvalvontaohjelmistoon (ajetut tunnit & tonnit), tai voidaanko ne automaattisesti lähettää ohjelmistoon?*

*”En ole asiasta aivan varma. Ko. asiasta on keskusteltava rikastamon päällikön kanssa.”*

#### **5.2.4 Vapaat kommentit ja kehitysehdotukset**

Vapaa kommentti kysymykseen vastattiin kahdesta yrityksestä, vastauksissa oli havaittavissa ero kahden eri laitoksen välillä joiden vuorausajankohtien määrittäminen on erilainen. Koko prosessin huoltoseisakit määrittelevät vaihtovälin ja toisessa tapauksessa jauhinmyllyt ovat ratkaisevassa asemassa huoltoseisakkeja määriteltäessä.

*”Meillä on vuorausten vaihto sovitettu koko rikastamon kunnossapito seisakkeihin. Erillisiä myllynvuorausseisakkeja ei ole. Tämän takia tarkka millimetri tai prosentti tieto vuorausosien kulumisesta ei anna hirveästi lisäarvoa. Vuoraukset joudutaan aina vaihtamaan aiemmin kuin niiden maksimi ikä olisi”*

Toisessa laitoksessa on myllyjen vuoraus sovitettuna laitoksen muihin huoltoseisakkeihin ja niissä vuorausvälin määrittelee huoltoseisakit. Tässä tapauksessa vuorauksia ei ajeta loppuun vaan ne joudutaan vaihtamaan, vaikka niissä on kulutus pintaa jäljellä. Tässä tapauksessa lisäarvoa asiakkaalle voitaisiin tuottaa tekemällä vuoraukset, että niiden hankintahinta ja kesto-ominaisuudet vastaisivat huoltoseisakkien väliä. Tässä tapauksessa vuorauksia suunniteltaessa tarvitaan tarkkaa tietoa vuorausten kulumisesta prosessissa, jotta voidaan valmistaa vuoraukset, jotka kestävät tavoitellun seisakkivälin ilman ongelmia.

Toisessa vastauksessa pyritään saamaan vuorausten kesto mahdollisimman pitkäksi, jolloin saadaan mahdollisimman paljon tuotantoa ja käyttötunteja prosessista.

*”Asiakkaan näkökulmasta kaikki mitä saadaan irti vuorauksista sopivin aikaväleihin tarkoittaa lisätuotantoa ja vähän myllyjen pysähdystä. Eli meidän tarvitsee löytää sellainen kohta milloin on taloudellista vaihtaa tuotannon sekä kulutusosien kannalta.”*

### 5.3. Myllynvuorausten mittausmenetelmien vertailu

Vertailuun valittiin erilaisia mittausmenetelmiä vuorauksien kulumiseen mittaamiseen, tähän sisällytettiin yrityksellä käytössä olevat mittausmenetelmät ja uudet menetelmät, kuten laserskannaus, optinen mittaus, mittausanturit ja epäsuorat mittausmenetelmät. Työn aikana testattiin käyttökohteessa optista menetelmää ja 3D-laserskannauksen kah- ta erilaista mittalaitetyyppiä sekä vuorausosissa olevia mitta-antureita.

#### 5.3.1 Vertailtavat mittausmenetelmät ja vertailuarvot

Vertailun tarkoituksen oli selvittää millä tavalla eri menetelmät soveltuisivat kokonai- suudessaan kunnonvalvontapalveluun, kun päävertailukohtina käytettiin mittauksen kestoa ja turvallisuutta, mittauksen tarkkuutta ja luotettavuutta, dokumentointia ja raportoin- tia, mittausmenetelmän käyttöönottoa ja mittausmenetelmän kustannuksia. Mittausme- netelmien vertailu on esitetty numeerisesti liitteessä 4. Vertailuun valittiin seuraavat menetelmät:

- M1 Manuaalinen mittaus, kuluneimmat kohdat ja kehät
- M2 Mittaus mittakammalla
- M3 3D-laserkäsiskanneri
- M4 3D-laserkeilaus
- M5 3D-optinen mittaus
- M6 Kulutusta mittaavat anturit
- M7 Epäsuorat mittausmenetelmät.

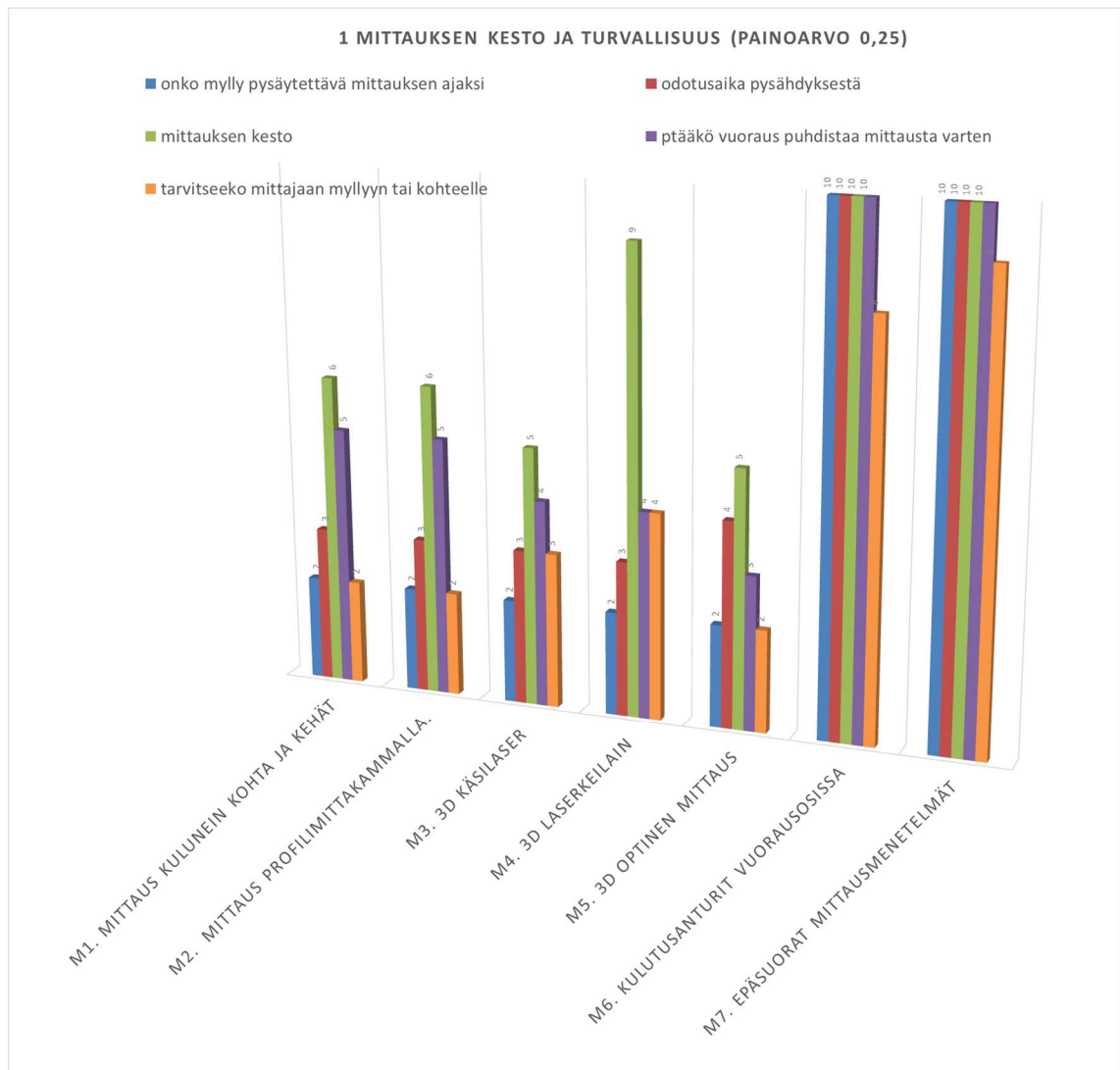
#### Vertailuarvot

Vertailu on tehty painotettuna arviointina, asteikolla 0,1-1 jossa tärkeimpänä pidetyillä arvoilla on suuremmat painoarvot. Eri arvot painotettiin asteikolla 1-10. Tällä haluttiin selvittää eri mittausmenetelmien vahvuudet ja heikkoudet yrityksen kannalta. Vertailu- perusteina on käytetty taulukko 4. olevia vertailuarvoja.

	<b>1. Mittauksen kesto ja turvallisuus (painoarvo 0.25)</b>
1.1	onko mylly pysäytettävä mittauksen ajaksi
1.2	odotusaika pysähdyksestä
1.3	mittauksen kesto
1.4	pitääkö vuoraus puhdistaa mittausta varten
1.5	tarvitseeko mittaajaan myllyyn tai kohteelle
	<b>2. Mittaustarkkuus ja luotettavuus (painoarvo 0.35)</b>
2.1	mittaustarkkuus menetelmällä
2.2	mittausepävarmuus menetelmällä
2.3	mittauksen kattavuus
2.4	soveltuvuus eri vuorausmateriaaleille
2.5	mittausväli menetelmällä
	<b>3. Dokumentointi ja raportointi mittausmenetelmällä (0.15)</b>
3.1	mittaustulosten dokumentointi mittausmenetelmällä mittauksen aikana
3.2	mittaustulosten raportointi
3.3	mittausraportin tekoon kuluva aika
3.4	onko mittaustulokset helposti jaettavissa
3.5	voidaanko antaa ns. pikaraportti
	<b>4. Mittausmenetelmän käyttöönotto (0.1)</b>
4.1	soveltuvuus eri myllyille ilman erillistä suunnittelua
4.2	mittalaitteita kaupallisesti saatavilla
4.3	ohjelmistoja kaupallisesti saatavilla
4.4	saako mittauspalvelua alihankintana
4.5	saako mittausten analysointia alihankintana
	<b>5. Mittausmenetelmän kustannukset (0.15)</b>
5.1	aloituskustannukset
5.2	kustannukset / mittaus
5.3	kustannukset / mittauskomponentti
5.4	kustannukset / mittausraportti
5.4	kustannukset / alihankittuna

TAULUKKO 4. mittausmenetelmien vertailuarvot ja painoarvot.

## 1. Mittauksen kesto ja turvallisuus (painoarvo 0,25)

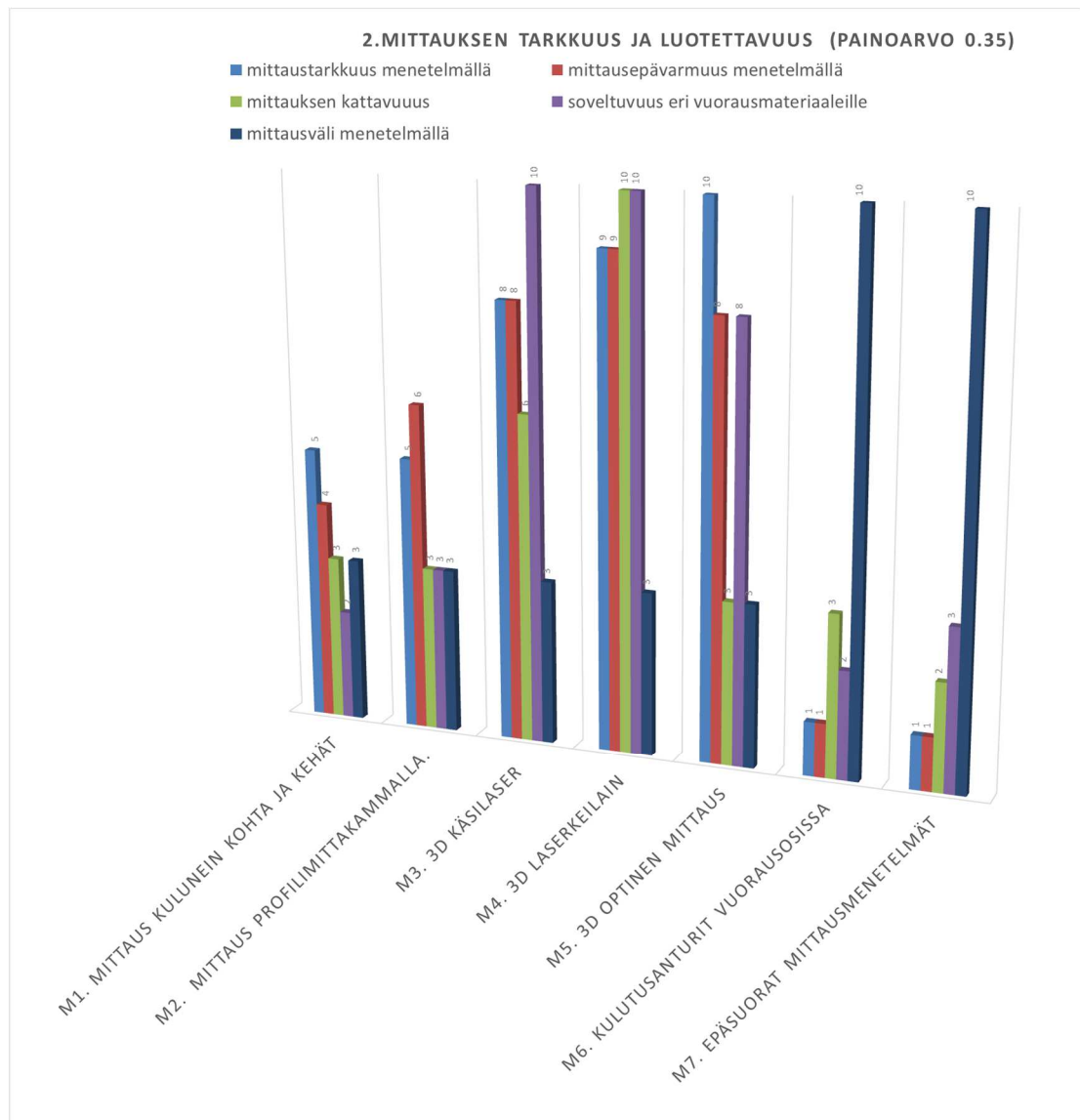


KAAVIO 1. Mittauksen kesto ja turvallisuus mittausmenetelmien vertailu.

Vertailtaessa mittauksen kesto ja turvallisuutta huomattiin, että menetelmät jakaantuvat kahteen mittaustapaan, menetelmissä M1,M2,M3,M4 mylly joudutaan pysäyttämään erikseen mittausta varten. Menetelmissä M6,M7 mittaus oletetaan tapahtuvan jatkuvasti, jolloin mittausta varten myllyä ei ole tarpeen pysäyttää. Mittauksen kesto riippuu menetelmissä M1,M2,M4 siitä kuinka tarkka mittaus halutaan suorittaa. Menetelmässä 4. mittauksen kesto ei vaikuta mittauslaajuuteen. Turvallisuuden ja mittauksen keston

kannalta menetelmät M6 ja M7 sopisivat hyvin vuorauksen mittaamiseen. Menetelmät M1,M2,M3,M4 ovat hyvin samalla tasolla, kun niitä vertaillaan turvallisuuden ja mittauksen keston kannalta. Hyvin soveltuvia menetelmiä turvallisuuden ja mittauksen keston kannalta olisivat menetelmät M6 ja M7. Menetelmä M4 soveltuu hyvin koska siinä varsinainen mittausaika on hyvin lyhyt ainoastaan 5-10 min / mittaus.

## 2. Mittaustarkkuus ja luotettavuus (painoarvo 0.35)



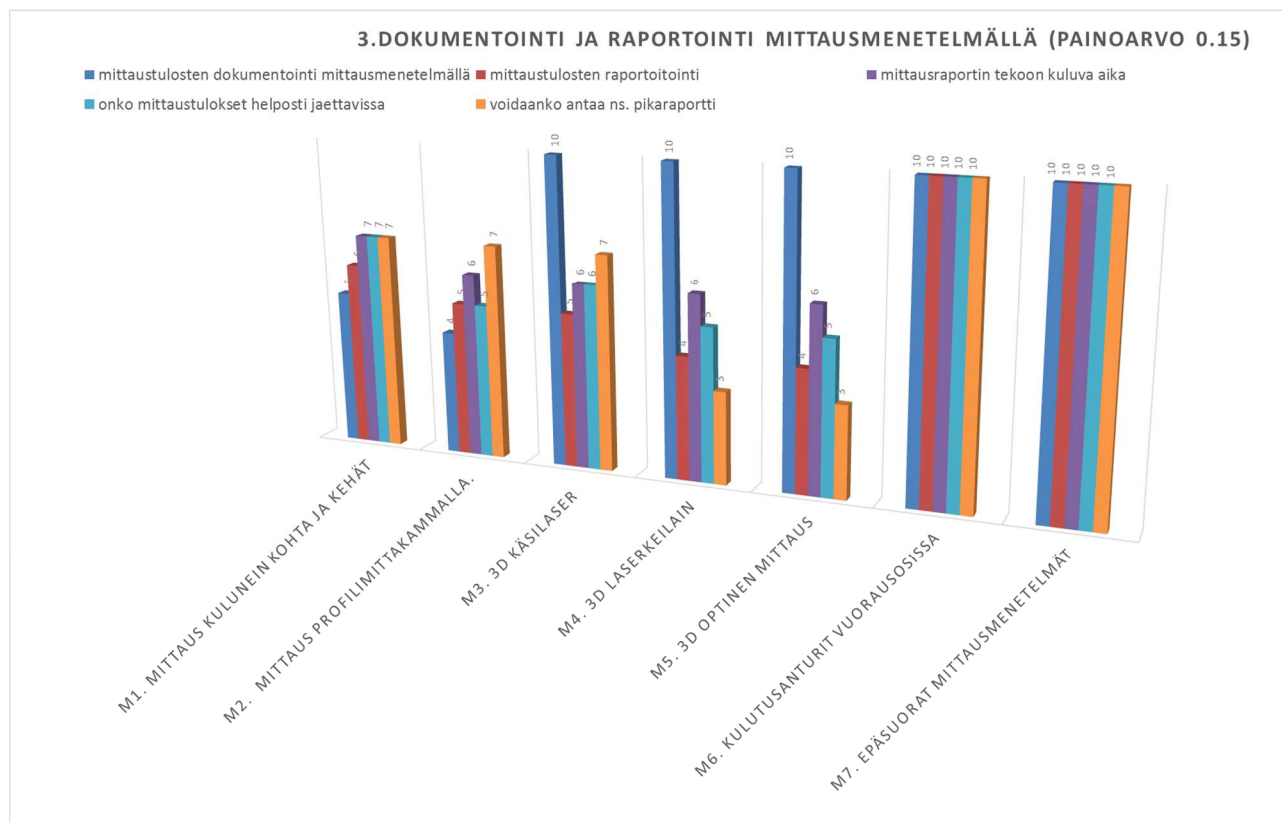
KAAVIO 2. Mittauksen kesto ja turvallisuus mittausmenetelmillä.

Vertailtaessa menetelmiä mittaustarkkuuden ja luotettavuuden osalta huomataan että menetelmät M1,M2,M3 ovat tarkkuudeltaan hyvinkin samanlaisia ja niissä vaikuttaa mittausmittausajan lisäämien huomattavasti mittauksen laajuuteen sekä mittaustarkkuu-



teen. Menetelmässä M3 mittausajan lisääminen ei vaikuta tarkkuuteen tai mittauslaajuuteen. Menetelmän M5 mittaustarkkuus on erinomainen, mutta siinä vaikuttaa mittauksen alkuvalmistelu ja mittauspisteiden määrä vaikuttaa mittauksen kattavuuteen. Menetelmässä M6 mittauksen tarkkuus riippuu antureiden tarkkuudesta ja mittauksen laajuus on myös riippuvainen mittauskomponenttien määrästä tätä menetelmää käytettäessä. Hyvänä asiana menetelmissä M6 ja M7 voidaan pitää mittaussvälin tiheyttä ja sitä, että mittausajan lisääminen ei vaikuta tarkkuuteen. Soveltuvimmat menetelmä tämän vertailuperusteen puolesta on menetelmä M4, koska sillä saadaan nopeasti ja tarkasti tehtyä kattava mittaus joka soveltuu myöskin kaikille vuoraustyypeille.

### 3. Dokumentointi ja raportointi mittausmenetelmällä (painoarvo 0.15)



KAAVIO 3. Dokumentointi ja raportointi mittausmenetelmällä.

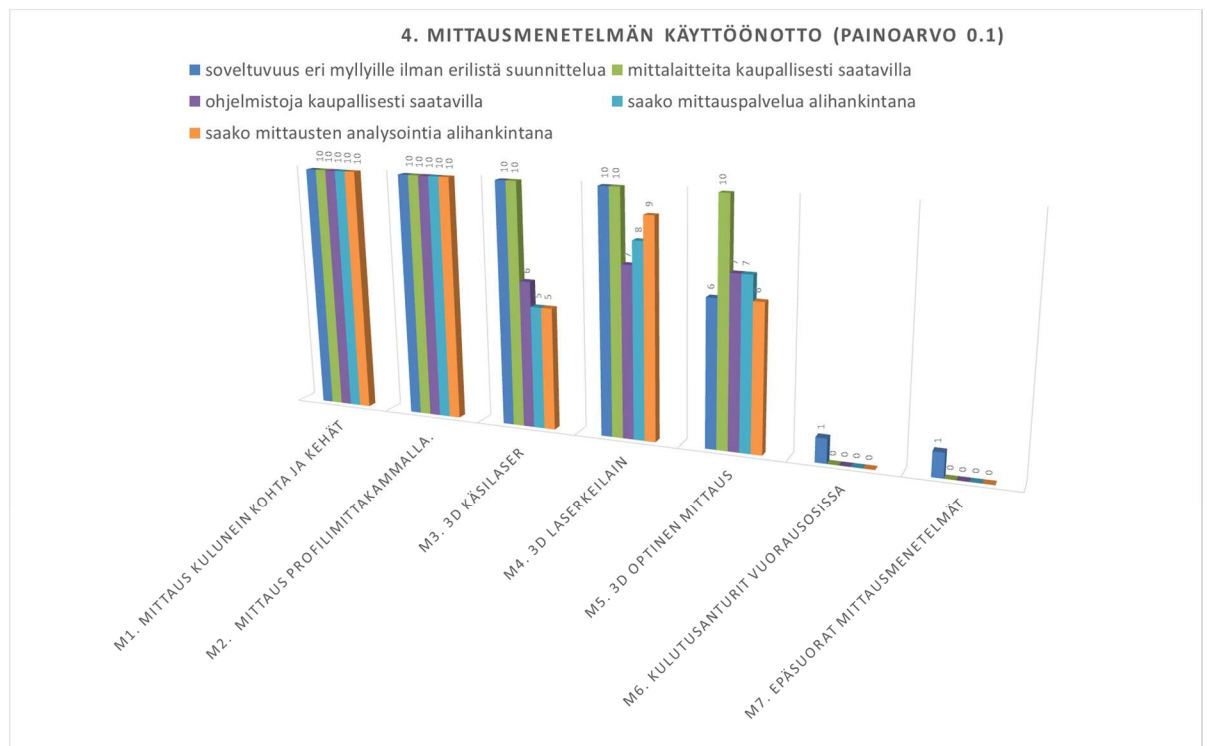
Menetelmissä M1,M2 joudutaan manuaalisesti tekemään dokumentointi mittauksen aikana ja mittaustulokset voidaan käsitellä ja analysoida toimisto-ohjelmistoilla. Mit-

taustulosten muuttaminen raportoitavaan muotoon tarkoittaa mittaustulosten ja mittauksen aikaisten valokuvien siirtoa mittausraporttiin. Näitä menetelmiä käyttäessä voidaan myös asiakkaalle antaa pikainen raportti vuorauksen kunnosta jo kohteessa.

Menetelmissä M3,M4,M5 mittaukset dokumentoidaan suoraan mittalaitteelle tai muistikortille. Menetelmillä M3,M4,M5 mittaustulokset pitää käsitellä, joko mittauslaitteiston mukana tulevilla ohjelmilla tai menetelmässä M4,M5 on mahdollista käyttää myös tavallisia 3D-ohjelmistoja pistepilvimallin käsittelyyn. Mittaustulosten analysointi vaatii molemmissa menetelmissä tiedot vuorauksesta sekä myllyn rakenteen mitoituksista. Mittausraportin laatiminen asiakkaalle saattaa kestää kauemmin, kuin perinteisillä menetelmillä myös paikan päällä annettava pikaraportointi mahdollisuus on selvitettävä. Näilläkin menetelmillä mitattaessa joudutaan samalla mittaamaan myös manuaalisesti.

Menetelmät M6,M7 mittaavat reaaliaikaisesti, joten niitä ei erikseen manuaalisesti tarvitse käsitellä. Mittausdatan käsittelyyn ja web-sovelluksena toimivaan raportointiin on kehitettävä omat ratkaisut. Hyvä puolena menetelmissä on mittauksen ja raportoinnin reaaliaikaisuus.

#### 4. Mittausmenetelmän käyttöönotto (painoarvo 0.1)



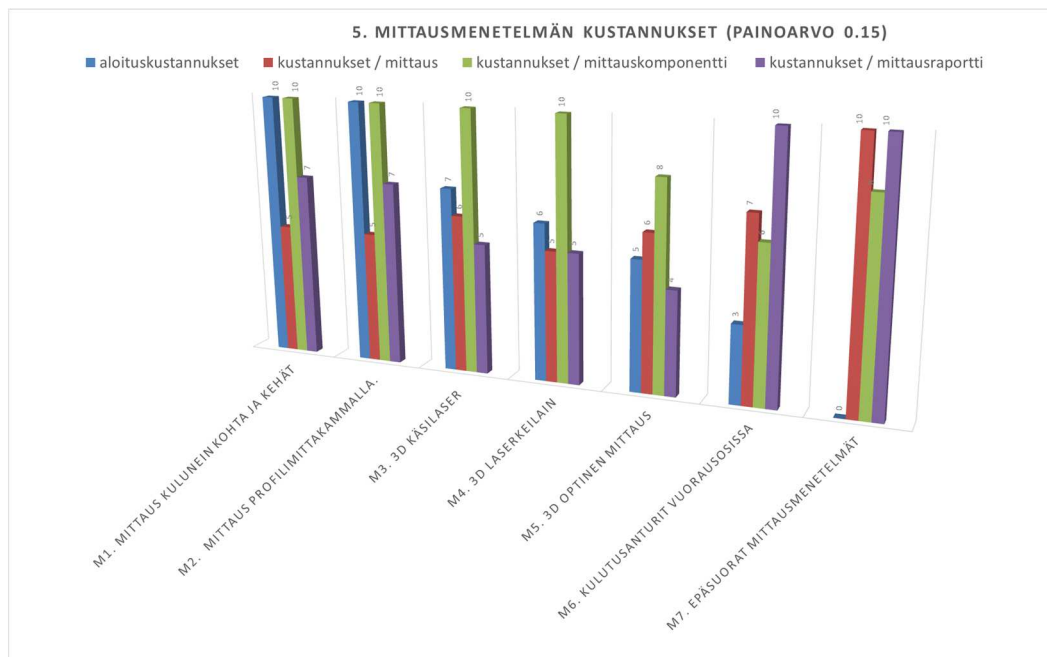
KAAVIO 4. Mittausmenetelmän käyttöönotto.

Menetelmissä M1, M2 käyttöönotto ei vaadi erityisiä toimenpiteitä ja mittalaitteita ja tarvittavia ohjelmistoja on saatavilla. Mittauskampoja on saatavilla tai ne voidaan teettää tarpeen mukaan. Ainoastaan mittausdatan systemaattisen tallentamiseen ja käsittelyyn tarvitaan erityistä huomiota. Mittausdatan ja todellisen kulumisen analysointi ja arviointi voidaan tehdä CAD-ohjelmistoja käyttäen. Mittauspalvelua voidaan myös ostaa näitä menetelmiä käytettäessä, myös analysointia voisi ostaa alihankintana, jos ennusteeseen voi luottaa ulkopuolisen tekemänä. Tällä tavalla mitattaessa ei tarvita erikoisosaamista tai laitteita, joten mittauksen voi tehdä myös asiakas itse, kun mitattavat kohteet on erikseen määritetty. Mittauskohtien määrittely vaatii suunnittelua sekä valmiit mittaraporttipohjat.

Menetelmissä M3, M4 ja M5 käyttöönotto vaatii mittauslaitteen hankinnan tai mittauspalvelun ostamisen alihankintana. Molemmissa menetelmissä voidaan myös mittaus tulosten raportointi ostaa, mutta voidaanko analysointi ja kulumisennuste tehdä alihankintana. Mittauspalvelua voidaan ostaa ja mittatulokset saada luotettavasti, mutta ennusteen laatiminen ulkopuoliselta yritykseltä voi olla epäluotettava.

Menetelmissä M6 ja M7 valmiita ostettavia komponentteja on vaikeasti saatavilla, kaikki osat mittauskomponentit, lähettimet ja raportointi sovellukset vaativat tuotekehitystyötä.

## 5. Mittausmenetelmän kustannukset (0.15)

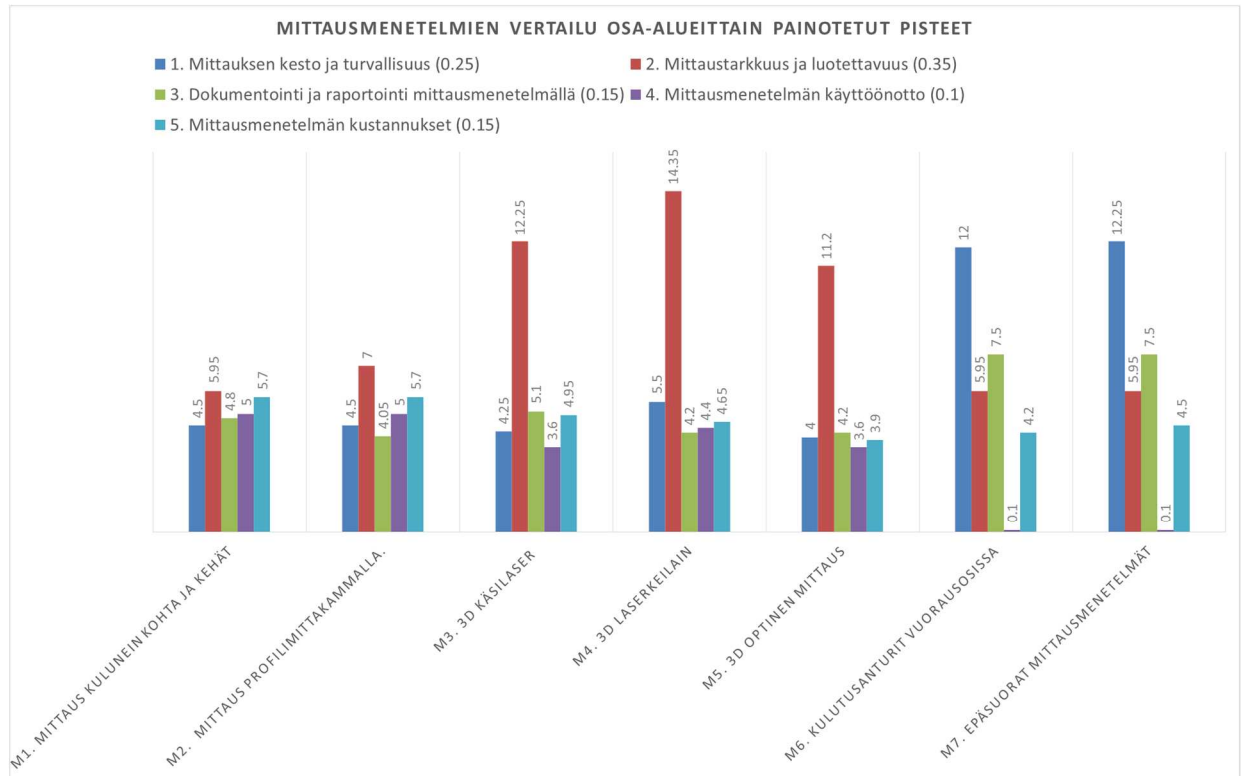


KAAVIO 5. Mittausmenetelmien kustannukset.

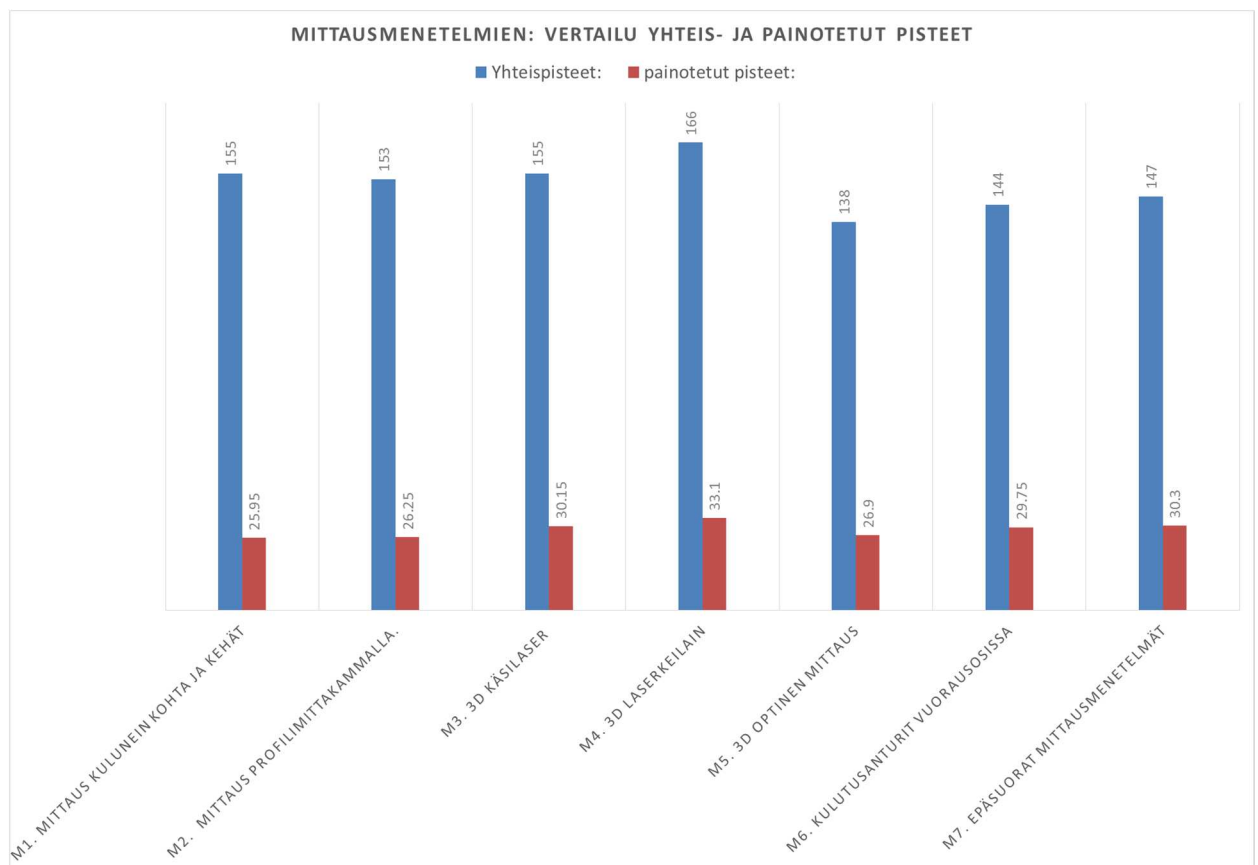
Menetelmien M1 ja M2 aloituskustannukset ovat pienet koska menetelmää ei vaadi erillisiä mittalaitteita mittauksset voidaan suorittaa perusmittavälineillä ja kännykkäkamera riittää valokuvaukseen. Raportointi voidaan siirtää ja digitaaliseen muotoon toimisto ohjelmistoilla ja mittadata käsitellä cad ohjelmistoilla. mittaustiedon tallentamiseen, jakamiseen ja raportointiin voitaisiin käyttää myös kunnossapito-ohjelmistoa ja sen valmiita raporttipohjia. Kustannukset mittausta kohti koostuvat lähinnä mittaukseen käytettävästä työajasta ja matkakustannuksista.

Menetelmässä M3,M4 ja M5 mittalaitteiston ja sen ohjelmiston hankinta ovat suurimmat kustannukset. Yksittäisen mittauksen kustannuksissa ei ole suurta eroa ainoastaan mittausaika on nopeampi, kuin menetelmillä M1 ja M2. Menetelmissä M3,M4 ja M5 analysointi ohjelmistojen lisenssit ja koulutus lisäävät kustannuksia. Analysointia voidaan hankkia myös ulkopuolisena palveluna ainakin menetelmälle M4.

### 5.3.2 Vertailun yhteenveto



KAAVIO 6. Mittausmenetelmien vertailu osa-alueittain.



KAAVIO 7. Mittausmenetelmien vertailutulokset yhteis- ja painotetut pisteet.

Mittausmenetelmien vertailun perusteella parhaiksi menetelmiksi pisteiden perusteella ovat lasermittaukseen perustuvat mittamenetelmät M3 ja M4. Niissä yhdistyy nopea ja laaja mittaus sekä hyvä mittaustarkkuus sekä soveltuvuus kaikille vuoraustyypeille. Näissä menetelmissä tarvitaan kuitenkin erityisohjelmisto mittadatan käsittelyyn. Esimerkkinä ohjelmistoista voidaan mainita InnovMetric Softwarin Polyworks-ohjelmisto, jolla voidaan luoda mitatusta pistepilvestä pintamalli, jolloin mitatun pistepilven kohdistus edelliseen mittaukseen tai 3D-malliin voidaan tehdä. Ohjelmistoa avulla poikkeileikkausten tekeminen ja kulumisen määrittäminen tarkasti olisi mahdollista. Korkealle sijoittuivat myös kulutusta mittaavat anturit sekä epäsuorat mittausmenetelmät. Käytettävyys sekä turvallisuusnäkökohdat nostavat näitä menetelmiä M6 ja M7 vertailussa korkealle. Mitta-anturit vaativat erikseen suunniteltavia komponentteja sekä niitä varten tarvitaan erikseen mittausohjelmistot. Menetelmien epävarmuus mittaustuloksissa, kuten se että varsinkin niiden mittausalue ei kata koko vuorausta vaikuttaa siihen, että niiden valinta mittausmenetelmäksi ei vielä ole mahdollista. Hälytystyyppisenä ratkaisuna mitta-anturit voisivat toimia hyvin. (Innovmetrics [www-sivu](#))

#### **5.4. Tutustuminen Arrow Novi kunnossapito-ohjelmistoon**

Arrow Engineering Oy on kotimainen yritys joka on perustettu 1993 ja sillä on 500 asiakasyritystä 30:ssä eri maassa. Suomessa näihin lukeutuvat oman teollisuudenalansa johtavat yritykset. Arrow Novi Oy:n kunnossapidon tietojärjestelmä, se julkaistiin kaupalliseen käyttöön vuonna 2014. Novin pohjana toimii yrityksen toinen kunnossapitojärjestelmä, Arrow Maint, joka on ollut markkinoilla 20 vuotta. Novi on järjestelmä ennakoivan kunnossapidon hallintaan ja kehittämiseen. Se digitalisoi teollisuuden kunnossapidon hallintaan ja kehittämiseen liittyvää tietoa sekä kunnossapidon henkilöstön että työnjohtajan tarpeisiin.



KUVA 38. Arrow novi peruskäyttöliittymä. (Arrow novi esittely Teknikum)

Novissa on selkeä ja visuaalinen käyttöliittymä joka selainpohjainen ja graafisesti yksinkertainen ja helppokäyttöinen (kuva 38). Vaikka käyttöliittymä on selainpohjainen niin, internetyhteys ei kuitenkaan ole välttämätön, sillä ohjelmisto on asennettavissa esimerkiksi yrityksen sisäiseen verkkoon. Arrow Novi on mahdollista asentaa joko Arrowin tarjoamaan pilvipalveluna tai on mahdollista on myös käyttää omaa palvelinta.

- .+ Helppo käyttää ja muokata
- + Kunnossapidon toimintamalli haltuun
- + Mobiili järjestelmä
- + Asentaja avainasemassa
- + Skaalautuu isoille ja pienille yrityksille

Mobiilina järjestelmänä se on myös käytettävissä millä tahansa päätelaitteella, kuten kännykällä tai tabletilla. Ohjelmisto on personoitavissa kunkin käyttäjän tarpeiden mukaiseksi ja siinä toimivat myös selaimen toiminnallisuudet, kuten usean välilehden yhtäaikaista käyttöä, selaintulostus ja suosikkien luonti Novin toiminnoista, ovat kaikki käytettävissä. QR-koodin käyttö sisältyy oletuksena. (Kinnula, 2015, s.10-12, WWW-sivu Arrow)

Novin perusjärjestelmä sisältää seuraavat toiminnot:

- Töiden suunnittelu ja hallinta
- Kone – ja laiterekisteri
- Varaosat ja varastointi
- Raportointi ja analysointi
- Tuotanto
- Toimittajat
- Dokumentit
- Tuotannon työpyynnöt
- Ennakoivan kunnossapidon hallinta.

Arrow Novi sisältää perusjärjestelmän lisäksi myös paljon muita toiminnallisuuksia, joita on esitetty taulukossa 4. Vuorausten ennakoivaan kunnossapitoon soveltuvina ominaisuuksia voidaan poimia esimerkiksi mittausraporttiominaisuudet ratkaisuna mittausraporttien luontiin ja tiedonhallintaan. Kumppaniliittymän avulla laitetietoja ja mittausraportteja voidaan jakaa vuorauksista asiakkaalle. Integraatio muihin järjestelmiin ja ACM-toiminto (Automatic Condition Monitoring), mahdollistaa mitta-anturien välittämän tiedon käsittelyn järjestelmän kautta, jos se tulevaisuudessa siihen liitetään.



Toiminto	toiminnon kuvaus
OSTOTILAUS	Ostotilauksen tekeminen, lähettäminen ja hallinta.
ACM, AUTOMATIC CONDITION MONITORING	Prosessista automaattisesti tulevien tapahtumatietojen tarkkailu ja työkortin generointi Noviin.
TUNTIKORTTI	Palkkatuntien kirjaaminen Novi-järjestelmään.
RTM, RUNNING TIME MAINTENANCE	Käyttömäärään perustuva koneiden huoltaminen.
E-MAIL HÄLYTYKSET	Kunnossapidon työt ja varastotapahtumat viestinä sähköpostiin tehostamaan tiedon jakamista.
GSM-HÄLYTYKSET	Kunnossapidon työt ja varastotapahtumat viestinä puhelimeen tehostamaan tiedonjakamista.
REITTIHUOLLOT	Rutiinoinomaisten tarkastuskierrosten, kuten mittareiden ja tarkastuksen sekä huoltotoimenpiteiden kuittaaminen. Yhdellä kuittauksella useampi työkortti, laitekohtainen huoltohistoria säilyy.
OPERAATTORIKUNNOSSAPITO	Tuotannon operaattorin tekemien tarkastusten ja havaintojen kirjaaminen Noviin.
VARASTONHALLINTA	Materiaalin hallintatoimet Noviin; otto,saapuminen, inventointi ja palautus. Monivarastointi, hälytysrajat nimikkeiden ostolle.
PICCOLINK	Päivittäisten varastotoimintojen nopeuttamiseksi viivakoodilaitteisto osaksi Novivarastonhallintaa.
MITTAUKSET	Laitekohtaisten mittausten tietojen syöttölomake Noviin, esim. käyttöönottotarkastusten pöytäkirjat.
INFO TV	Kunnossapidon tiedon jakaminen laitoksen infoTV-järjestelmiin.
JÄLJITETTÄVYYS	Lokitietojen tallentaminen kaikista muutoksista; tiedon syntymisestä, muuttumisesta ja poistamisesta.
KÄYTTÖPÄIVÄKIRJA	Laitoksen käyttötapahtumien kirjaus, selaus ja historian haku. Korvaa paperiset päiväkirjat. Käyttöpäiväkirjasta myös työpyynnöt.
TYÖTURVALLISUUS	Työturvallisuuteen liittyvien havaintojen kirjaaminen, kuten läheltä-piti ja tapaturmailmoitukset. Automaattinen tiedon jakaminen työturvallisuustöiden etenemisestä.
ARA JUURISYYANALYYSI	Jatkuvan parantamisen työkalu ohjattuun raportointiin vikojen analysointia ja kunnossapidon kehittämistä varten.
TASK MANAGEMENT - TEHTÄVIEN HALLINTA	Kunnossapitoon liittyvän ongelmanratkaisutehtävien hallinta ja seuraaminen.
TYÖLUPUIEN HALLINTA	Kunnossapidon henkilöiden erilaisten työlupien hallinta ja ylläpito. Työmääräykselle voidaan kohdistaa tarvittavat työluvut työn suorittamista varten.
KUMPPANILIITTYMÄ	Kunnossapidon yhteistyökumppaneille oma rajattu käyttöliittymä laitoksen Noviin omien töiden raportointia varten.
TEHDASLAAJENNUS	Konsernin kaikkien tehtaiden kunnossapito haltuun yhdellä järjestelmällä. Johdolle näkymä kaikkien tehtaiden kunnossapidon harmonisointiin, investointeihin, vertailuun ja benchmarkkaukseen.
INTEGRAATIOT MUIHIN JÄRJESTELMIIN	Integraatiot vaivattomasti yrityksen muihin järjestelmiin, esim. ERP, MES, karttajärjestelmät ja valvomot.

TAULUKKO 5. Arrow novin toiminnallisuudet. (Arrow www-sivu)

## 5.5. Muita kunnossapito-ohjelmistoja

Kaikki kunnossapito-ohjelmistot tarjoavat hyvin pitkälle samoja perustoiminnallisuuksia, kuin Arrow Novikin, muita ohjelmistoja ovat esim. MaintAlma, IBM Maximo ja Artturi Neo. Kaikkia ohjelmistoja voidaan laajentaa erikseen hankittavilla jo olemassa olevilla moduuleilla tai niihin on mahdollista tehdä myös räätälöityjä toimintoja.

### **MaintALMA EAM**

ALMA Consulting Oy kehittämä MaintALMA on moderni järjestelmä teollisuuden kunnossapidon tai eri toimialojen mobiilin huoltoliiketoiminnan johtamiseen ja ohjaukseen. MaintALMA hyödyntää kunnossapidettävästä laitoksesta järjestelmään perustettavaa ALMA-laitosmallia. Sen runkona ovat laitoksen tuotantoprosessin hierarkia sekä laitoksen järjestelmät. Tehdasmallin ansiosta tiedot koneista, laitteista, varaosista sekä niihin liittyvistä dokumenteista ovat kunnossapito- ja huoltohenkilöstön hyödynnettävissä helposti ja nopeasti läpi vuorokauden (24/7). MaintALMA kunnossapitoratkaisulla voidaan hoitaa niin kevyemmät kuin vaativimmatkin huollon ja kunnossapidon tarpeet. Järjestelmä on skaalautuva ja se soveltuu hyvin monenlaiseen ympäristöön. Kevyet ratkaisut on helppo ja nopea toteuttaa ja käyttöönottaa. ALMA soveltuu hyvin myös vaativimpiin ja laajempiin tarpeisiin, missä on tarve useamman tuotantolaitoksen tai ylläpidettävän kokonaisuuden kunnossapitoratkaisulle, käyttäjä- ja tapahtumamäärät ovat suuria, käyttäjäryhmiä on useita ja järjestelmällä voi olla useita liityntöjä muihin järjestelmiin ERP, automaatio, kunnonvalvonta jne. (Kinnula, 2015, s.8-10, WWW-sivu Alma)

### **MaintALMAN toiminnallisuuksia ovat mm:**

- Kustannusseuranta ja monipuoliset raportit eri tasoille: johto, päälliköt, työnjohto, asentajat
- Monipuoliset kalenterinäkymät eri tasoille: johto, päälliköt, työnjohto, asentaja
- Ennakko- ja seisokkihuoltojen resursointi, suunnittelu, ohjeistus sekä seuranta
- Päivittäiset/ viikoittaiset/ kuukausittaiset huollot
- Korjaava kunnossapito: vika- ja häiriöilmoitukset sekä vikatyöt
- Vuoro- ja käyttöpäiväkirja
- Mittaavan kunnossapidon analyysit

- Varasto- ja materiaalin hallintatoiminnot, viivakooditukset
- Hankinnat ja sopimukset
- Teknisen dokumentaation hallinta
- Toimittaja-, henkilö-, asiakas-, tuote-, aine- yms. rekisterit
- Projektit: tiedonhallinta, suunnittelu, projektien edistymän, toteuman sekä kustannusten seuranta
- Projektien ja suunnittelun tietojen ja dokumentaation haltuunotto
- Työturvallisuuden hallinta: riskiarvioinnit, työluvat, turvallisuuskeskustelut
- Hälytykset ja muistutukset
- Mobiilikäyttötarpeet
- Liitynnät ja integraatiot muihin järjestelmiin: ERP, automaatio, laskutus, tuntikirjaus, kaukovalvonta, kartta, VR. (WWW-sivu Alma)

### **IBM Maximo**

IBM Maximo EAM kunnossapidon ja service-toiminnan joustava ratkaisu. Maximo on joustavasti muokattava järjestelmä pienistä isoihin kunnossapitokohteisiin. Toteutusmalleina ovat mm. omien lisenssien hankkiminen tai käyttö SaaS-malleilla esim. Maximo SaaS tai Maximo SaaS Flex. Lisänä on saatavana myös MaxiPointin omat lisä- ja apuohjelmistot Maximon hyödyntämiseen mm. RapidView Mobile, MaxNav Maximon graafinen navigointi, kartta-, online data- ja muut Maximo-portletit ja lisänä käyttäjäkohtaisia käyttöliittymiä ja helppoja lomakenäkymiä Maximo-käyttöön esim. alihankkijoille tai muille ulkopuolisille käyttäjäryhmille.

Maximon pääominaisuudet:

- Resurssien hallinta
- Hankinta ja materiaalihallinta
- Huoltojen hallinta
- Töiden hallinta
- Sopimusten hallinta
- Joustavat käyttöönottovaihtoehdot.

Lisäominaisuuksia ja lisämoduuleita ovat mm.

**Maximo Analytics:**

päivittää tapahtumien ja toimintaketjujen analysoinnin uudelle aikakaudelle. Maximo Analytics helpottaa käyttäjää ymmärtämään Maximossa olevaa dataa perinteistä BI-analysointia laajemmin mm. toistuvaisuuksia ja syy-seuraus-suhteita löytämällä.

**RapidView:**

on MaxiPointin kehittämä Maximon standardirajapintoja hyödyntävä on/offline mobiili-sovellus. Jos internet-yhteyttä ei koko ajan ole saatavilla, muutokset voidaan tallentaa paikallisesti laitteen muistiin, josta ne lähetetään järjestelmään, kun poistut katvealueelta. Tuetut mobiilialustat ovat Android ja iOS. RapidView ei tarvitse erillistä mobiilipalvelinta, vaan hyödyntää Maximon jo olemassa olevia resursseja.

**MaxNav:**

Maxnav on ratkaisu selkeämpään navigointiin IBM-Maximo -järjestelmässä. Aikaa ja vaivaa säästyy, kun ei tarvitse muistaa ulkoa laitenumeroita, vaan oikea kohde löytyy klikkaamalla vikaantunutta laitetta tehdashallin kartalta tai muulta kuvapohjalta. Mukana helppokäyttöinen editori/muokkausohjelma näkymien luomista varten. Integroituu saumattomasti osaksi Maximo-ohjelmistoa tuoden sille lisäarvoa ja lisäten järjestelmän käyttömukavuutta.

**IoT ja Masterdata:**

IoT ja Masterdata Nykyisin hajautettu tietomalli on varsin tyypillinen ja lisäksi IoT-järjestelmien kautta kerätään enenevässä määrin laite- ja kohdekohtaista dataa. Tarpeina on hyödyntää tätä uutta dataa analysoimalla ja päättää missä tällainen hajautettu masterdata säilötään ja miten sitä hyödynnetään eri järjestelmissä mm. kunnossapidon ja fyysisten asettien osalta. (www-sivu IBM maximo)

## Artturi Neo

MainIoT Software Oy on IFS:n täysin omistama yhtiö, jonka ydintoimintaa on palveluprosessien toiminnanohjaus -ohjelmistoliiketoiminta. Solax, Artturi Neo, Arttu ja PowerMaint ovat yhtiön omia tuotteita, joilla ohjataan palveluprosesseja niin julkisella sektorilla ja teollisuudessa. Artturi Neo on kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmä, jonka avulla hallitaan kunnossapidon töitä ja kohteita. Monipuolisen ja selkeän järjestelmän perustoiminnallisuuksia ovat töiden, kohteiden ja materiaalien hallinta. Lisätoiminnallisuuksia ovat osto- ja myyntitoiminnot. (Kinnula, 2015, s.13, www-sivu Artturi neo)

- Helposti ja modulaarisesti laajennettava
- Nopea ja tehokas tiedonhaku
- Älykäs käyttöliittymä
- Satoja toimituksia kymmeneen eri maahan
- Kieliversioita: suomi, englantti, ruotsi, venäjä, viro, latvia, liettua, puola ja saksa.

Artturin tärkeimmät perustoiminnot ovat:

### 1. Töiden hallinta

- Ennakkohuollot
- Päiväkirja
- Vikailmoitukset
- Työtilaus
- Töiden suunnittelu.

### 2. Kohteiden hallinta

- Varaosat ja osaluettelot
- Työ – ja vikahistoria
- Kohteen tekniset – ja perustiedot
- Dokumentointi.

### 3. Varasto – ja materiaalihallinta

- Varastohälytykset
- Inventointi
- Hankinta – ja tapahtumahistoria
- Tekniset tiedot

- Varastosierrot
- Varastoon saapuminen ja varastopalautukset.

## 6 KUNNONVALVONNAN KEHITYSSUUNNITELMA

Työn aikana testattiin myllyssä kahta erilaista uutta mahdollista järjestelmää myllyjen kulumisen mittaamiseen sekä myös palkkeihin asennettavia kulumista mittaavia antureita. Testatuista järjestelmistä pyydettiin tarjoukset sekä niitä arvioitiin mittausmenetelmien vertailuosiossa. Lupaavimpana menetelmänä pidettiin mittauksen toteuttamista 3D-lasermittausjärjestelmällä.

Järjestelmän käyttöönotto vaatii mittalaitteiston ostamisen sekä mittauksen analysointiin vaadittavan järjestelmän hankkimista ja kehittämistä vuorausten mittaukseen soveltuvaksi. Haasteena on mitatun pistepilvidatan käsittely muotoon, että mittauks tulokset ovat analysoitavissa kulumisennusteen laatimista varten. Mittausdatan käsittelyyn ja analysointiin voitaisiin käyttää esimerkiksi InnovMetric Softwaren Polyworks-ohjelmistoa. Ohjelmisto on kehitetty 3D-mittadatan käsittelyyn ja sitä käytetään mm. laadunvarmuksessa tuotteen mittojen vertaamiseen 3D-malliin. Ohjelmiston käyttö vaikuttaa lupaavalta, mutta sitä ei vielä ehditty koekäyttämään työn aikana. Ohjelmiston avulla mittaraporttiin saataisiin selkeät ja havainnolliset graafiset esitykset kulumisesta.

Työn aikana huomattiin, että pelkästään yhdellä järjestelmällä ei välttämättä voida toteuttaa kaikkia vaatimuksia mitä vuorausten kunnonvalvonta sisältää. Mittaukseen ja mittatiedon käsittelyyn voidaan käyttää jo nykyisin käytössä olevia menetelmiä. Jos mittaukseen käytetään laserkeilausta, silloin joudutaan myös investoimaan mittatiedon siirto- ja analysointiohjelmistoon.

Tiedonhallintaratkaisuna parhaiten voidaan soveltaa kunnossapito-ohjelmistoa. Uuden ohjelmiston luonti käyttötärpeita ajatellen toisi paljon ylimääräistä työtä, koska monessa ohjelmistossa voi olla tarvittavat osat jo valmiina, siten voidaan välttää samojen ominaisuuksien uudestaan tekemistä. Järjestelmä onkin parempi rakentaa omista osioistaan, jolloin sen jatkokehittäminen ja osioiden vaihtaminen on helpompi toteuttaa tarpeen vaatiessa. Vuorausten mittaraporttien, dokumenttien ja käyttötietojen hallintaan parhaana ratkaisuna havaittiin jo nykyisin oman tehtaan laitteiden kunnossapitoon tarkoitettun kunnossapitojärjestelmän hyödyntäminen myös myllynvuorausasiakkaiden ennakoivaan kunnossapitoon. Järjestelmän hyvinä puolina pidettiin, että siinä on jo paljon kunnossapitoon keskittyviä toimintoja valmiina. siinä ovat valmiina mm.

- mobiilikäyttö
- varastonhallinta
- mittaraporttipohjat
- huoltoaikataulutus
- henkilöstöresursointi.

Hyvänä puolena tässä tapauksessa on myös se että esim. kunnossapito-ohjelmisto on jo nyt yrityksen sisällä aktiivisessa käytössä ja se on myös useiden muiden yritysten käyttämä. Tästä on hyötyä erityisesti käyttöönottovaiheessa ja jatkokehitysvaiheessa, koska sen kehittäminen uusien ominaisuuksien lisääminen useiden asiakkaiden kautta on varmistettu.

Vuorausten ennakoivan kunnossapitojärjestelmän pääosat ovat mittausjärjestelmä, mitatiedonsiirto ja analysointi, tulostenanalysointi ja kulumisennusteen laadinta, tiedonhallinta, ja raportointi. Tarkoituksena käyttää tietojärjestelmänä Arrow Novi-kunnossapito-ohjelmistoa. Kunnossapito-ohjelmassa on valmiina paljon niitä ominaisuuksia, joita tarvitaan myös ulkopuoliseen ennakoivaan kunnonvalvontaan. Valvonnan piirissä oleville myllyille voidaan luoda laitekortit sekä varaosat laitekohtaisesti. Tällä tavoin tieto on kaikkien saataville helpommin, kun käytetään raportoinnin tiedonhallintaan kunnossapitojärjestelmää.

Mittausjärjestelmänä voidaan käyttää nykyisin käytössä olevia mittausmenetelmiä ja raportointitapaa eli manuaalista mittausta sekä Excel ja Word-pohjaisia mittaraportteja. Kun siirrytään tiedonhallinnan osalta Arrow Noviin, niin voidaan tiedon hallintaan käyttää kunnossapitojärjestelmän ominaisuuksia, kuten valmiita mittaraporttipohjia, joiden täyttö tehdään suoraan Arrow Novissa. Jos tulevaisuudessa käytetään toista mittausjärjestelmää, niin sen raportit voidaan tuoda Arrowiin myllyn laitekortille liitteinä.



## 7 POHDINTA

Työn aikana huomattiin, ettei pelkkä mittausjärjestelmä riitä myllyjen kunnonvalvontaan, vaan myllyjen ennakoiva kunnonvalvonta sisältää myös paljon tiedonhallintaan liittyviä elementtejä, kuten asiakastietojen, laitetietojen ja asennushistorian, mittausraporttien ja prosessidatan hallinnan.

Uuden järjestelmän rakentaminen olisi huomattavasti haastavampaa ja silloin samaan tehtävään käytettäviä ohjelmistoja olisi kaksi päällekkäistä. Kunnossapito-ohjelmistossa ei ole kuitenkaan valmiina mittauksen analysointia tai vuorauksen kulumisen ennustamista eli mittauksen analysointi joudutaan vielä tekemään manuaalisesti. Jos uusi mittausjärjestelmä otetaan käyttöön, joudutaan myös analysoinnin parissa tekemään töitä.

## LÄHTEET

Alma. Maint alma tuotesivu. Luettu 20.3.2017. <http://www.alma.fi/>. www-sivu

Dandotiya, R, Lundberg, J., Wijaya, A., Parida, A. 2014. Evaluation of Abrasive Wear Measurement Devices of Mill Liners

GOM. Tritop tuotesivu. Luettu 20.3.2017. <https://www.gom.com/metrology-systems/tritop.html>, sivu, www-sivu

Huuki, J. Tuotantotekniikka, Aalto yliopisto, 06.11.2015, Kunnossapito ja huolto Tulostettu 20.10.2017

[https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/114040/mod\\_folder/content/0/Kunnossapito%20Oja%20huolto.pdf?forcedownload=1](https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/114040/mod_folder/content/0/Kunnossapito%20Oja%20huolto.pdf?forcedownload=1). Luentomateriaali

IBM, Maximo tuotesivu. Luettu 20.3.2017. <https://www.ibm.com/en-en/marketplace/maximo>. www-sivu

Innovmetric. Polyworks tuotesivu, Luettu 20.8.2017, <https://www.innovmetric.com/en/products-overview>. www-sivu

Kaiva.fi. Hienonnuks: Murskaus, jauhatus ja luokitus. Tulostettu 12.9.2017. [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnuks\\_Kaiva-fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnuks_Kaiva-fi.pdf). verkko-oppimateriaali

Kaltech, i-bolt tuotesivu, luettu 3.2.2017. <http://intelligentbolt.com/>, www-sivu

Kaltech, i-bolt tuotesivu, luettu 3.2.2017 <https://www.kaltechglobal.net/the-i-bolt/>. www-sivu

Kingdon, G., Coker,R. The eyes have it: improving mill availability through visual technology. Artikkel

Kinnula T. 2015. Kunnossapitojärjestelmän valinta tuotantolaitokseen. Centria Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö

Kostamo, A. 2016. Kromiitin puhtaaksijauhatusteet kemin kaivoksen tankomylllyillä eri kierrosnopeuksilla ja täyttöasteilla. Centria ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Mainiot, Artturi neo tuotesivu. Luettu 20.3.2017. <http://www.mainiot.fi/tuotteet/artturi-neo>. www-sivu

Maxipoint, IBM maximo tuotesivu, Luettu 20.3.2017. <http://www.maxipoint.fi/fi/>. www-sivu

Metallurgists & Mineral Processing Engineers, Verkkosivu. Luettu 1.2.2016. Internet 8 www-sivu <https://www.911metallurgist.com/>. www-sivu

Metso Megaliner esite. tulostettu 10.9.2017,  
<https://www.metso.com/globalassets/saleshub/documents---episerver/leaflet-grinding-megaliner-3197-en-lowres.pdf>, Tuote-esite

Mustakangas, M. 2012. Myllyvuoraukset – Teknikum. Sisäinen koulutusmateriaali.

Mustakangas, M. 2009. Demmy – 3D DEM -modeling – Teknikum. Sisäinen koulutusmateriaali

Oksanen, J. 2015. 3D-laserskannauksen käyttö NDT-tarkastuksessa. Saimaan ammattikorkeakoulu. Insinööriyö

Opetushallitus, Kunnossapito menestystekijät, Luettu 20.9.2017,  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>. verkko-oppimateriaali.

Outotec. Mill mapper. Tulostettu 20.9.2017  
[https://www.outotec.com/globalassets/services/documents/outotec\\_millmapper.pdf](https://www.outotec.com/globalassets/services/documents/outotec_millmapper.pdf).  
Tuote-esite.

Ouototec. Grinding mills tuotesivu. Luettu 1. 2. 2016.  
<http://www.outotec.com/products/grinding/grinding-mills/>. www-sivu

Powell, M., Smit, I., Radziszewski, P., Cleary, P., Rattray, B., Goran, K. 2006. The Selection and Design of Mill Liners

Santaluoto, O. 2012. 3D-skannaukseen perehtyminen. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööriyö.

Smart Wear Sensor system for Mill Highservice technology. SWS Smart Wear Sensor system for Mill Liners and Wear Plates, tulostettu 10.9.2017,  
<http://www.highservice.com/highservice/wp-content/uploads/2015/09/DIPTICO-SSD-HSTech-eng-pdf.pdf>. Tuote-esite.

Torvi, J., Kemppainen, K. 2014. Kaivoksen kunnossapidon johtaminen. Kajaanin ammattikorkeakoulun julkaisusarja B Raportteja ja selvityksiä 21, Juvenesprint.

Wills, B. 2006. Wills' Mineral Processing Technology, Butterworth-Heinemann

**LITTEET**

## Liite 1. Kyselykaavake myllynvuorausten kunnonvalvonta

1 (6)

## Kyselytutkimus-myllynvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat

Yritys:

Vastaaja:

Pvm:

## 1. Vuorausten mittaus

1. Vuorausten kunnonseurannassa on tärkeää, että?  
(asteikko 1-5, 1= ei tärkeä 5=erittäin tärkeä)

- |   | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) tarkistetaan voidaanko vuorauksella vielä ajaa                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) määritetään seuraava vuorausosien vaihtojankkohta                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) testattavista vuorausosista saadaan vertailukelpoiset mittaukset | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) sitä tehdään vuorauksen kehittämistä varten                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Joku muu. Mikä?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

## 2. Millä tavalla yrityksessänne valvotaan myllynvuorausten kuntoa?

- a) vuorauksia seuraa ja mittaa oma henkilökunta
- b) käytetään ulkopuolista palvelua (vuoraustoimittaja)
- c) käytetään ulkopuolista palvelua (ei vuoraustoimittaja)
- d) vuorauksien kuntoa ei mitata, valmistaja on antanut osien vaihtovälin
- e) Edellistä vaihtoväliä käytetään, vaihtovälin määrittämiseen, mutta vuorauksia ei mitata erikseen
- f) Jotenkin muuten. Miten?

## 3. Millä menetelmällä vuoraukset mitataan?

- a) vuorauksista etsitään silmämääräisesti kulunein kohta ja se mitataan esim. paikkien nostokorkeus mittanauhalla ja levyjen paksuus naualla.
- b) vuoraukset mitataan useasta pisteestä, esim. päädyt ja vaippa (mittaustapa sama)
- c) vuorauksen profiili mitataan, esim: muotokamman avulla
- d) vuorauksista otetaan valokuvia
- e) mittaus suoritetaan esim. 3d-laserskannerilla
- f) vuorausosissa on esim. mittausanturit
- g) Jotenkin muuten. Miten?

## 4. Milloin vuorausten mitaamista suoritetaan?

- a) ainoastaan vuoraustyön yhteydessä
- b) silloin kun myllyt ovat pysähdyksissä esim. muiden huoltotöiden takia
- c) myllyt pysäytetään erikseen mitaamista varten
- d) käytössä on reaaliaikainen mitaustapa

## Kyselytutkimus myllynvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat

2

## 5. Kuinka monta kertaa vuodessa teillä tehdään myllynvuorausten kunnonseurantaa?

- a) 0 kertaa / mylly / vuosi
- b) noin 1-2 kertaa / mylly / vuosi
- c) noin 3-5 kertaa / mylly / vuosi
- d) noin 5-10 kertaa / mylly / vuosi
- e) enemmän 10 kertaa / mylly / vuosi

## 6. Mitä tietoa vuorausten kulumisen lisäksi kerätään prosessista ja vuorauksista?

- a) myllyjen käyttötunteja (tunnit)
- b) ajomääriä (tonnit)
- c) myllyn täyttöaste %
- d) Jauhinkappaleiden kokojakauma myllyssä
- e) Jauhinkappaleiden täyttöaste
- f) jauhinkappaleiden kulutus / käyttöaikana / jauhetut tonnit
- g) myllyn tehonotto
- h) Jotakin muuta. Mitä?

## 7. Miten prosessiarvojen vaikutusta vuorauksen kestoon tai toimintaan seurataan?

- a) ajomäärien vaikutusta seurataan
- b) käyttötuntien vaikutusta seurataan
- c) malmin vaihtelua seurataan
- d) jauhinkappaleiden muutoksien vaikutusta seurataan
- e) Ei seurata ollenkaan
- f) Jotakin muuta. Mitä?

## 2. Vuorausten vaihtovälin määrittäminen

## 8. Millä tavoin arvioidaan vuorauksen kulumista?

- a) mittauksista arvioidaan kulumisen: mm/kk
- b) mittauksista arvioidaan kulumisen: mm/jauhetut tonnit
- c) mittauksista arvioidaan kulumisen: mm/käyttötunnit
- d) käytetään ulkopuolista palvelua (vuoraustoimittaja)
- e) käytetään ulkopuolista palvelua (ei vuoraustoimittaja)
- f) vuoraukselle / vuorausosille on asetettu minimi paksuudet
- g) vuorauksen kulumista ei arvioida/mitata
- h) Jotenkin muuten. Miten?

## Kyselytutkimus myllynvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat

3

## 9. Millä tavalla tehdään vuorausajankohtien määritys?

- a) määritetään itse vuorausosien vaihtoväli
- b) käytetään apuna ulkopuolista palvelua (vuoraustoimittaja)
- c) käytetään apuna ulkopuolista palvelua (ei vuoraustoimittaja)
- d) valmistaja määrää osien vaihtovälin (vuorauksia ei mitata)
- e) edellistä vaihtoväliä käytetään vaihtovälinä, (vuorauksia ei mitata)
- f) vaihtoista on karkea suunnitelma ja tarkempi vuorausosien vaihto määritellään vasta huoltoseisakissa, ylimääräisiä vuorausosia pidetään varastossa varalla
- g) Jotenkin muuten. Miten?

-

## 10. Voidaanko vuorausvälit määrittää riittävällä tarkkuudella nykyisellä toimintatavalla?

- a) vuorausvälit voidaan aina määrittää tarkasti
- b) vuorausvälit voidaan yleensä määrittää tarkasti, mutta väliillä määritys ei onnistu
- c) vuorausvälien määrittämisessä on paljon ongelmia

## 11. Mitä ongelmia vuorausajankohtien määrittämisessä on ollut?

- a) vuorausosat eivät ole kestäneet arvioitua aikaa (vuorauksia ei mitattu)
- b) vuorausosissa olisi ollut vielä käyttöaikaa jäljellä (vuorauksia ei mitattu)
- c) vuorausosat eivät ole kestäneet arvioitua aikaa (vuorauksia oli mitattu)
- d) vuorausosissa olisi ollut vielä käyttöaikaa jäljellä (vuoraukset oli mitattu)
- e) identtisten vuorausten väliillä on ollut eroja kestossa, johtuen prosessista
- f) Jotain muuta, mitä?

-

## 3. Mittausten raportointi ja dokumentointi:

## 12. Millä menetelmällä seurataan vuorausosien kestoa?

- a) asennus- ja poistoajankohtia ei seurata
- b) asennus- ja poistoajankohdat kirjataan ylös (toimisto-ohjelmat, muistivihko) ja tallennetaan:
- tietokoneelle
- verkkoon
- sähköpostiin
- tulostetaan paperille
- c) asennus- ja poistoajankohtiin seurantaan käytetään omaa erillistä ohjelmistoa
- asennus- ja poistoajankohtien seurantaan käytetään yhteistä kunnossapito-ohjelmistoa
- d) Jotenkin muuten. Miten?

-

## Kyselytutkimus myllynvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat

4

## 13. Miten vuorausten mittaukset dokumentoidaan?

- a) mittauksia ei dokumentoida
- b) mittaukset ja valokuvat kirjataan ylös (toimisto-ohjelmat, muistivihko) ja ne tallennetaan:  
 -tietokoneelle   
 -verkkoon   
 -sähköpostiin   
 -tulostetaan paperille
- c) seuranta kirjataan kunnossapito-ohjelmiin (esim. kunnossapito ohjelmiin)
- d) vuoraustoimittaja toimittaa mittausraportit ja ne tallennetaan:  
 -tietokoneelle   
 -verkkoon   
 -sähköpostiin   
 -tulostetaan paperille
- e) vuoraustoimittajien mittausraportit ovat luettavissa internetistä/ ohjelmiin
- f) Jotenkin muuten. Miten?

-

## 14. Millainen ratkaisu olisi kannaltanne sopivin vaihtoehto, jolla tietoa vuorausten mittauksista, kestoista, vaihtosuosituksista teille välitettäisiin?

- a) tietokoneelle asennettava erillinen ohjelmiin
- b) selaimella käytettävä ohjelmiin
- c) sähköpostilla toimitettavat raportit
- d) yhteiset palaverit
- e) Jotenkin muuten. Miten?

-

## 15. Onko vuorausten kunnosta hankittu tieto mielestänne kaikkien sitä tarvitsevien käytössä?

- a) kyllä
- b) ei

Mikä osastot/henkilöryhmät tarvitsevat tietoa:

-



## Kyselytutkimus myllynvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat

5

16. Mitkä asiat vuorauksista ovat mielestänne tärkeitä ja mitä olisi hyvä olla helposti saatavilla mittausraportissa? (asteikko 1-5, 1= ei tärkeä 5=erittäin tärkeä)

	1	2	3	4	5
a) vuorauksella / vuorausosalla jauhetut tonnit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) vuorauksella / vuorausosalla ajetut tunnit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) vuorauksella / vuorausosalla käyttöaika (asennuksesta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) vuorauksella / vuorausosalla jäljellä olevat arvioidut ajotonnit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) vuorauksella / vuorausosalla jäljellä olevat arvioidut ajotunnit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) vuorauksella / vuorausosalla jäljellä oleva käyttöaika (asennuksesta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) vuorauksen / vuorausosan kulunut mm määrä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) vuorauksen / vuorausosan jäljellä oleva kulutusvara mm	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) vuorauksen / vuorausosan kulunut % määrä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) vuorauksen / vuorausosan jäljellä oleva kulutusvara %	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m) vuorauksen / vuorausosan edellinen vaihtopäivämäärä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n) vuorauksen / vuorausosan arvioitu seuraava vaihtopäivämäärä	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o) vuorauksen / vuorausosan seuraavaan huoltoon tarvittavat varaosat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p) vuorauksen / vuorausosan edellinen kesto (jauhetut tonnit)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
q) vuorauksen / vuorausosan edellinen kesto (ajetut tunnit)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
r) vuorauksen / vuorausosan edellinen kesto (käyttöaika asennuksesta)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17. Onko yrityksessä mahdollista käyttää vuoraustoimittajan tarjoamaa ohjelmistoa vuorausten kunnonvalvontaan, jos sellainen olisi saatavilla?

- a) Kyllä
- b) Ei
- c) Jos ei voida käyttää, niin mistä syystä?

18. Onko mahdollista, että yrityksenne voi syöttää prosessitietoja vuoraustoimittajan kunnonvalvontaohjelmistoon (ajetut tunnit & tonnit), tai voidaanko ne automaattisesti lähettää ohjelmistoon?

- a) tiedot voidaan toimittaa vuoraustoimittajalle
- b) yrityksen henkilöstö voi syöttää tiedot vuoraustoimittajan ohjelmistoon
- c) tiedot voidaan tarvittaessa siirtää automaattisesti ohjelmistoon
- d) ei, miksi?

## Kyselytutkimus myllyvuorausten kunnonvalvonta / Asiakkaat



19. Mitkä ovat yrityksenne kannalta tärkeimmät asiat vuorauksien kunnonvalvonnan ja ennakoivan kunnossapidon kannalta? (asteikko 1-5, 1= ei tärkeä 5=erittäin tärkeä)

- |  | 1                        | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| a) vuorauksen / vuorausosien käyttöiän maksimointi   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) saadaan sovittua vuorausten vaihdot laitoksen huolitoseisakkeihin                                     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) voidaan määrittää luotettavasti seuraavat vaihtojankohdat   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) vuorausten osien (syöttöpää / vaippa / poistopää) vaihtojankohdat saadaan ajoitettua samanaikaisiksi. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) voidaan pitää vuorausosien varastoarvo pienenä  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f) voidaan tehdä vuorausosien hankintapäätökset oikeaan aikaan   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g) käyttötunnit ovat mahdollisimman korkeat  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| h) jauhetut tonnit ovat mahdollisimman korkeat   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| i) vuorausten kehittäminen hankintahinnaltaan edullisiksi  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| j) vuorausten kehittäminen kokonaiskustannuksiltaan edullisiksi  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

20. Tähän voitte jättää vapaat kommentit ja kehitysehdotukset koskien vuorausten kunnonseurantaa ja raportointia.

Kiitos ajastanne ja vastauksista!

# FARO® Scanner Freestyle<sup>3D</sup> X

## The Xtra accurate Freestyle<sup>3D</sup> X for challenging scanning projects

# FARO



#### XTRA ACCURACY

The verifiable accuracy of 1mm enables you to carry out highly challenging scanning projects.

#### OPTIONAL ON-SITE CALIBRATION

The device can be easily calibrated on-site ensuring high quality data. A PDF report with key data permits maximum and verifiable confidence in the acquired data.

#### AUTOMATIC FLASH

The new auto mode automatically activates and de-activates the built-in LED light depending on the existing light conditions.

#### REAL-TIME POINT CLOUD VISUALIZATION

The real-time point cloud visualization supports the intuitive data acquisition, even for untrained operators.

#### UP TO 8m<sup>2</sup> SCANNING VOLUME

The extensive scan volume boosts productivity by reducing scan time.

#### BEST POINT FILTER

The new best point filter minimizes the noise and allows to get optimum data quality.

### X-TRA ACCURACY FOR HANDHELD LASER SCANNING

The FARO Freestyle<sup>3D</sup> X is a top-quality high-accuracy handheld scanner for professionals. It quickly and reliably documents rooms, structures and objects in 3D and creates high-definition pointclouds. Thanks to its lightweight carbon fibre body, the handheld scanner weighs less than a kilogramme and is therefore extremely portable and mobile. With extraordinary accuracy it is suitable for all applications in which challenging projects must be quickly scanned from various perspectives. The 3D scan data can easily be imported into all commonly used software solutions for architecture, engineering, construction accident reconstruction, forensics or industrial manufacturing.

### MOST COMMON APPLICATIONS

Architecture, Construction & Engineering, Forensics & Law Enforcement, Oil & Gas, Maritime, Virtual Reality, 3D Scanning Service Providers

### BENEFITS

- ▶ FARO certified accuracy
- ▶ Auto levelling
- ▶ Flexibility to work without artificial targets
- ▶ No extra power supply required
- ▶ Easy-to-use scanning software
- ▶ Seamless integration with Focus<sup>3D</sup> laser scan data, even in grey scale
- ▶ Worldwide service and support from local FARO facilities

# FARO® Scanner Freestyle<sup>3D</sup> X

www.faro.com

# FARO



## PERFORMANCE SPECIFICATIONS FREESTYLE<sup>3D</sup> X

Range	0.5-3m
Resolution @ 0.5m distance	Lateral: 0.2mm - 1mm Depth: 0.2mm
3D point accuracy/ whole scan accuracy <sup>1</sup>	<1.0mm
Typical lateral accuracy <sup>2</sup>	<1mm
Single image point density	Up to 45,000 points/m <sup>2</sup> in 0.5m distance Up to 10,500 points/m <sup>2</sup> in 1m distance
Recorded 3D points <sup>3</sup>	Up to 88,000 points/s, point cloud density increases with time
Typical Noise (ms)	0.7mm @ 0.5m distance 0.75mm @ 1m distance 2.5mm @ 2m distance 3mm @ 3m distance
Best point filter <sup>4</sup>	Noise reduction of typically 40% when scanning the same object from different distances
Eye safety	Class 1 laser
Lighting conditions <sup>5</sup>	Up to 10,000 Lux
Light source	Inbuilt auto LED flash
Scan volume	8.1m <sup>3</sup>
Typical field of view (HxW)	450mm x 330mm @ 0.5m 920mm x 1,100mm @ 1m 1,800mm x 2,000mm @ 2m 2,400mm x 2,900mm @ 3m
Typical angular field of view (HxW)	45°x56° @ 0.5m 45°x59° @ 1m 49°x54° @ 2m 49°x52° @ 3m
Exposure time	0.02ms - 10ms (auto exposure)

Texture color	24bit
Dimensions	260mm x 310mm x 105mm
Connectivity	USB 3.0
Weight	0.98kg
Power supply	5W, USB 3.0-powered
IP rating	IP 52*
Calibration	Optional in-field user calibration with supplied calibration plate.
Operating temperature range	0 - 40°C
Operating humidity range	Non-condensing
Laser power	max. 800mW
Duration of pulse	<= 10ms
Wavelength	798-821nm

<sup>1</sup> Measured on a 1m reference scale. In 1m distance, for a lateral scanner movement of 1m, using targets for distance measurement. <sup>2</sup> Measured in 0.5m-3m distance. <sup>3</sup> Point density depends on scanned surface and lighting conditions. <sup>4</sup> Noise reduction for equal scan times at 0.5m, 1m, 2m and 3m distance from object. <sup>5</sup> Limited range and point density in sunlight. \* Dust protection 5. Water protection 2. Protection against dripping water whilst device in standard idle position with sensor side facing downward.

### Recommended System Requirements for Tablet

Microsoft Windows 8.1 pro, 64-bit  
4th generation Intel® Core™ i5  
256GB hard disc with 8GB RAM  
MicroSDHC  
Microsoft® Surface Pro 2 or 3 is a recommended device



Contract Holder



Global Offices: Australia • Brazil • China • France • Germany  
India • Italy • Japan • Malaysia • Mexico • Netherlands  
Philippines • Poland • Portugal • Singapore • Spain • Switzerland  
Thailand • Turkey • United Kingdom • USA • Vietnam

www.faro.com  
Freecall 00 800 3276 7253  
info@faroEurope.com



## FARO® Focus Laser Scanner

The most compact lightweight and intuitive laser scanner product line

# FARO



FOCUS® SERIES

### ACCURACY

The Focus<sup>3</sup> captures environments with increased accuracy and distance with dual-axis compensator and angular measurement.

### ON-SITE COMPENSATION

With the on-site compensation functionality users can verify and adjust the Focus<sup>3</sup> compensation on-site, ensuring high quality scan data.

### ACCESSORY BAY

The accessory bay allows users to connect additional 3D laser scanning accessories to support a variety of projects.

### TEMPERATURE

Extended temperature range allows scanning in challenging environments. The Focus<sup>3</sup> can operate in temperatures as low as -20°C and up to 65°C.

### IP RATING - CLASS 64

With the sealed design and certified with the industry standard Ingress Protection (IP) Rating, IP54, the Focus can be used in high particulate and wet weather conditions.

### COMPACT AND PORTABLE

The Focus Laser Scanners measure at 230 x 183 x 103mm and weigh at 4.2kg making them the smallest and most light weight scanners in the market. The devices are equipped with a waterproof transport and ergonomic carrying case for maximum portability.

## LASER SCANNERS FOR SHORT, MEDIUM AND LONG RANGE APPLICATIONS

FARO Focus Laser Scanners are specifically designed for both indoor and outdoor measurements in industries such as Architecture, Engineering, Construction, Public Safety and Forensics or Product Design. All devices capture real world information into the digital world to deliver information used to analyze, collaborate and execute better decisions to improve and maintain the overall project and product quality. All Focus<sup>3</sup> and Focus<sup>6</sup> scanners are equipped with recognizable features, such as Ingress Protection (IP) Rating, extended temperature range, HDR functionality, all in an ultra portable size.

The Laser Scanner Focus<sup>3</sup> Series offers more advanced functionality in addition. Besides an increased distance and angular accuracy all Focus<sup>3</sup> scanners are equipped with an internal accessory bay and an on-site compensation function quality verification. When utilized with SCENE Software, the Focus<sup>3</sup> supports real time, on-site registration which enables 3D scan data to be wirelessly transmitted, processed, aligned and registered directly to an on-site mobile device/PC in real time.

## BENEFITS

- Confidence and documented data quality by traceable vendor calibration and market leading on-site compensation.
- Scan in challenging environments while providing protection from dust, debris and water splashes.
- The Focus Laser Scanner portfolio offers the most economic 3D scanning solution for all requirements and budgets.
- Minimum training effort is ensured by the intuitive and easy to operate touch-screen interface as well as hands-on online tutorials.
- Efficient integration into existing software infrastructures and workflows are ensured by interfaces into various standard CAD systems.

# FARO® Focus Laser Scanner

www.faro.com

# FARO

## PERFORMANCE SPECIFICATIONS

	FOCUS® SERIES S 350   S 150   S 70				FOCUS™			
<b>RANGING UNIT</b>								
Unambiguity interval:	614m for 122 to 488kpts/s 307m for 976 kpts/s				not specified			
<b>RANGE<sup>1</sup> :</b>								
90% reflectivity (white)	0.6-350m   0.6-150m   0.6-70m				0.6 - 70m			
10% reflectivity (dark-gray)	0.6-150m   0.6-150m   0.6-70m				0.6 - 70m			
2% reflectivity (black)	0.6-50m   0.6-50m   0.6-50m				0.6 - 50m			
<b>RANGING NOISE<sup>2</sup></b>								
	Ø10m	Ø10m noise reduction <sup>3</sup>	Ø25m	Ø25m noise reduction <sup>3</sup>	Ø10m	Ø10m noise reduction <sup>3</sup>	Ø25m	Ø25m noise reduction <sup>3</sup>
	in mm							
90% reflectivity (white)	0.30	0.15	0.30	0.15	0.70	0.40	0.70	0.40
10% reflectivity (dark-gray)	0.40	0.20	0.50	0.25	0.80	0.40	0.80	0.40
2% reflectivity (black)	1.30	0.65	2.00	1.00	1.50	0.80	2.10	1.10
Measurement speed (pts/sec):	122,000 / 244,000 / 488,000 / 976,000				122,000 / 244,000 / 488,000			
Ranging error <sup>4</sup>	±1mm				±3mm			
Angular accuracy <sup>5</sup>	19 arcsec for vertical/horizontal angles				not specified			
3D position accuracy <sup>6</sup>	10m: 2mm / 25m: 3.5mm				not specified			
<b>COLOR UNIT</b>								
Resolution:	Up to 165 megapixel color							
High Dynamic Range (HDR):	Exposure Bracketing 2x, 3x, 5x							
Parallax:	Minimized due to co-axial design							
<b>DEFLECTION UNIT</b>								
Field of view (vertical/horizontal):	500° / 360°							
Step size (vertical/horizontal):	0.009° (40,960 3D-pixel on 360°) / 0.009° (40,960 3D-pixel on 360°)							
Max. vertical scan speed:	97Hz							
<b>LASER (OPTICAL TRANSMITTER)</b>								
Laser class:	Laser class 1							
Wavelength:	1550nm							
Beam divergence:	0.3mrad (1/θ)							
Beam diameter at exit:	2.12mm (1/θ)							
<b>DATA HANDLING AND CONTROL</b>								
Data storage:	SD, SDHC™, SDXC™; 32GB card							
Scanner control:	Via touchscreen display and WLAN connection. Access by mobile devices with HTML5.							
<b>INTERFACE CONNECTION</b>								
WLAN:	802.11n (150Mbit/s), as Access Point or client in existing networks							
<b>INTEGRATED SENSORS</b>								
Dual axis compensator:	Performs a leveling of each scan with an accuracy of 19 arcsec valid within ±2°							
Height sensor:	Via an electronic barometer the height relative to a fixed point can be detected and added to a scan.							
Compass <sup>7</sup> :	The electronic compass gives the scan an orientation.							
GNSS:	Integrated GPS & GLONASS							
On-site compensation:	Creates a current quality report and provides the option to improve the device compensation automatically.				-			
Accessory bay:	The accessory bay is located on top of the laser scanner and is used to connect versatile accessories to the scanner.				-			
Real-time, on-site registration in SCENE:	Connects to SCENE via WLAN. Processing of scan data, registration and creation of overview map in SCENE in real-time.				-			
<b>GENERAL SPECIFICATIONS</b>								
Power supply voltage:	19V (external supply), 14.4V (Internal battery)							
Power consumption:	15W idle, 25W scanning, 60W charging							
Battery service life:	4.5 hours							
Operating temperature:	-5 - 40°C							
Extended operating temperature <sup>8</sup> :	-20 - 55°C							
Storage temperature:	-10 - 60°C							
Ingress protection (IP) rating class:	IP54							
Humidity Resistance:	Non-condensing							
Weight incl. battery:	4.2kg							
Size/Dimensions:	230 x 183 x 103mm							
Maintenance / calibration:	Annual							
<b>CLASS 1 LASER PRODUCT</b>								
<p><sup>1</sup> For a Lambertian scatterer. <sup>2</sup> Ranging noise is defined as a standard deviation of values about the best-fit plane for measurement speed of 122,000 points/sec. <sup>3</sup> A noise-reduction algorithm may be activated by averaging raw data. <sup>4</sup> Ranging error is defined as a systematic measurement error at around 10m and 25m. <sup>5</sup> On-site compensation required. <sup>6</sup> For distances larger 25m, add 0.1mm/m of uncertainty. <sup>7</sup> 2x150°, homogeneous point spacing is not guaranteed. <sup>8</sup> Ferromagnetic objects can disturb the earth magnetic field and lead to inaccurate measurements. <sup>9</sup> Low temperature operation: scanner has to be powered on while internal temperature is at or above 15°C, high temperature operation: additional accessory required, further information on request   All accuracy specifications are one sigma, after warm-up and within operating temperature range, unless otherwise noted. Subject to change without prior notice.</p>								



GSA Contract Holder

www.faro.com  
Freecall 00 800 3276 7253  
info.emea@faro.com



	M1	M2	M3	M3	M4	M5	M6
Asteikko 0-10 (0=huonosti soveltuva 10=hyvin soveltuva) painoarvo 0,1-1 (0,1= ei merkitsevä 1=tärkeä)	M1. mittaus kulunein kohta ja kehät	M2. Mittaus profiilimittakammalla.	M3. 3d käsiLaser	M3. 3d Laserkeilain	M4. 3d Optinen mittaus	M5. kulutusanturit vuorauosissa	M6. Epäsuorat mittausmenetelmät
<b>Yhteispisteet:</b>	155	153	155	166	138	144	147
<b>painotetut pisteet:</b>	25.95	26.25	30.15	33.1	26.9	29.75	30.3
<b>1. Mittauksen kesto ja turvallisuus (0.25)</b>							
1.1 onko mylly pysäytettävä mittauksen ajaksi	2	2	2	2	2	10	10
1.2 odotusaika pysähdyksestä	3	3	3	3	4	10	10
1.3 mittauksen kesto	6	6	5	9	5	10	10
1.4 ptääkö vuoraus puhdistaa mittausta varten	5	5	4	4	3	10	10
1.5 tarvitseeko mittajaan myllyyn tai kohteelle	2	2	3	4	2	8	9
<b>Yhteispisteet:</b>	18	18	17	22	16	48	49
<b>Painoarvo:</b>	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
<b>painotetut pisteet:</b>	4.5	4.5	4.25	5.5	4	12	12.25
<b>Kommentit ja huomiot:</b>	Mittauksen kesto on nopea, mutta joudutaan kuitenkin tekemään normaalit alasajotoimet mittausta varten. Myllyssä ollaan kuitenkin lyhyempi aika niin niin olosuhteet voivat olla huonommat. Vuorausta ei tarvitse puhdistaa kuin paikallisesti tai ei ollenkaan, jos alasajo on tehty hyvin. Myllyyn tarvitsee mennä mittauksen ajaksi mutta mittauksen kesto ja altistus pölylle, höyrylle ja kuumuudelle on lyhyt.	Myllyyn tarvitsee mennä mittauksen ajaksi ja myllyssä tarvitsee mittauksen vuoksi olla noin 15-2h riippuen mittauksen laajuudesta. Mittaus on hieman pidempi ja mittauksen pituus riippuu myös siitä kuinka laaja mittaus tehdään. Mittauskuntoon ajo sama kuin visuaaliassa tarkistuksessa.	mittauksen takia tarvii mennä sisälle myllyyn ja mittausaika on lyhyt noin 30min + laitteiston asentamiseen mittaus valmiuteen tarvii varata oma aikansa. Myllyn pinta pitää kuitenkin olla puhdas että saadan luotettavat tulokset, joten mylly voidaan joutua letkuttamaan vedellä ennen mittausta. Mittauskuntoon ajo sama kuin visuaaliassa tarkistuksessa.	mittauksen takia tarvii mennä sisälle myllyyn ja mittausaika on lyhyt noin 10min + laitteiston asentamiseen mittaus valmiuteen tarvii varata oma aikansa. Mittapää mahdollista viedä myös puomilla myllyyn. Mittaus on nopea ja kahdella käännöllä saadanko koko mylly mitatattua. Myllyn pinta pitää kuitenkin olla puhdas että saadan luotettavat tulokset, joten mylly voidaan joutua letkuttamaan vedellä ennen mittausta. Mittauskuntoon ajo sama kuin visuaaliassa	mittauksen valmistelu on ajaltaan pitkä, mutta itse mittaus on nopea, mutta sekin riippuu kuinka monesta kohdasta mittaus suoritetaan. Mittausta varten joudutaan tekemään samat toimenpiteet kuten esim laserskannuksessa. Mittausta varten joudutaan tekemään myös tarkka suunnitelma mittauksesta sekä merkitsemään kohdat jotka mitataan. Tämä työ vaihe vaikuttaa	Tässä menetelmässä mittaukseen käytetään vuorauosissa olevia antureita, joten myllyyn ei tarvi mennä sisälle mittauksen aikana. Mittalaitteita ja lähettämiä voi joutua asentamaan ja huoltamaan paikan päällä.	Tässä menetelmässä mittaukseen käytetään vuorauosissa olevia antureita, joten myllyyn ei tarvi mennä sisälle mittauksen aikana. Tässä menetelmässä mittaukseen käytetään vuorauosissa olevia antureita tai ulkopuolisia antureita, joten myllyä ei tarvitse erikseen pysäyttää mittauksen ajaksi. Mittalaitteita ja lähettämiä voi joutua asentamaan ja huoltamaan paikan päällä.

2. Mittaustarkkuus ja luotettavuus (0.35)								
2.1	mittaustarkkuus menetelmällä	5	5	8	9	10	1	1
2.2	mittausepävarmuus menetelmällä	4	6	8	9	8	1	1
2.3	mittauksen kattavuus	3	3	6	10	3	3	2
2.4	soveltuvuus eri vuorauksmateriaaleille	2	3	10	10	8	2	3
2.5	mittausväli menetelmällä	3	3	3	3	3	10	10
<b>Yhteispisteet:</b>		<b>17</b>	<b>20</b>	<b>35</b>	<b>41</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>Painoarvo:</b>		<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>
<b>painotetut pisteet:</b>		<b>5.95</b>	<b>7</b>	<b>12.25</b>	<b>14.35</b>	<b>11.2</b>	<b>5.95</b>	<b>5.95</b>
<b>Kommentit ja huomiot:</b>		Menetelmällä voidaan todeta vain onko selviä vauriokohtia yleensä tarkistetaan voiko vuorauksella vielä ajaa. Tarkistaa vuorauksen paksuus ja nostikorkeus kuluneimmasta kohdasta. Tarkastus voidaan tehdä nopeasti, jolloin myllyn voi pysäyttää erikseen tarkastusta varten nopeallakin aikataululla. Mittaustarkkuus on riittävä kumi ja kumi teräsvuorauksiin, mutta vuorauksenprofiiliin ja koko myllyn kattavaa mittausta varten joudutaan tekemään useita mittauksia. Kumi teräs ja teräsvuorauksen mittaus on hankala koska teräksen kulumista on vaikea arvioida. Ja vuorauksipaksuutta ei välttämättä saa edes mitattua tällä menetelmällä.	Mittaustarkkuus on riittävä kumi ja kumi teräsvuorauksiin ja teräsvuorauksiin. Mutta vuorauksenprofiiliin ja laajan mittauksen tekoa varten joudutaan tekemään useita mittauksia. Kumi teräs ja teräsvuorauksen profiilimittaus voidaan tehdä tällä menetelmällä. vuorauksipaksuutta ei välttämättä saa edes mitattua	Mittaustarkkuus on tällä menetelmällä hyvä +-1.5 ja myllystä saadaan helposti mitattua sektori jonka voidaan olettaa edustavan koko myllyn kulumista. Jos halutaan mitata koko mylly, niin mittausaika kasvaa. Mittausväli määräytyy huoltoseisakkien mukaan.	Mittaustarkkuus on tällä menetelmällä hyvä +-1 ja kaikki myllyn vuorauksen komponentit saadaan mitattua. Mittausväli määräytyy huoltoseisakkien mukaan.	Mittaustarkkuus on erinomainen ja menetelmällä voidaan mitata jopa sadasosien tarkkuudella. Menetelmässä on myös mukana mittausepävarmuutta johtuen mittauspisteiden manuaalisesta asentamisesta. Mittauksen kattavuus riippuu mittauspisteiden määrästä.	Tällä menetelmällä on vielä kehitettävää mittaustarkkuudessa ja mittausvarmuudessa. Myös mittauksen kattavuus on menetelmällä riippuvainen anturien määrästä vuorauksenkomponenteissa. Tällä menetelmällä mitatessa joudutaan määrittelemään kriittiset komponentit joita seurataan. valinta tarvitsee tehdä myllykohtaisesti ja etsiä kulumimmat kohdat kokemuksen ja kulutushistoriatideon perusteella. Mittausväli on tiheä koska se voidaan tehdä jatkuvana mittauksena. menetelmä toimii ehkä paremmin hälytysanturina.	Tässä menetelmässä mittaustarkkuus on vielä erittäin epävarma ja se todennäköisesti joudutaan kalibroimaan myllykohtaisesti. Mittausväli on tiheä koska se voidaan tehdä jatkuvana mittauksena.



3. Dokumentointi ja raportointi mittaamenetelmällä (0.15)								
3.1	mittaustulosten dokumentointi	5	4	10	10	10	10	
3.2	mittaustulosten raportointi	6	5	5	4	4	10	
3.3	mittausraportin tekoon kuluva aika	7	6	6	6	6	10	
3.4	onko mittaustulokset helposti jaettavissa	7	5	6	5	5	10	
3.5	voidaanko antaa ns. pikaraportti	7	7	7	3	3	10	
<b>Yhteispisteet:</b>		<b>32</b>	<b>27</b>	<b>34</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>50</b>	
<b>Painoarvo:</b>		<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	<b>0.15</b>	
<b>painotetut pisteet:</b>		<b>4.8</b>	<b>4.05</b>	<b>5.1</b>	<b>4.2</b>	<b>4.2</b>	<b>7.5</b>	
	<b>Kommentit ja huomiot:</b>	Mittaustulokset ja kuvat voidaan tehdä nopeasti ja mittaustuloksista saadaan tehtyä myös raportti nopeasti. Esim vihkoon kirjatut mittaustulokset ja valokuvat voidaan siirtää esim. toimistoohjelmilla tehtävään raporttipohjaan. Kulumisen analysointi voidaan tehdä vain mittarvojen perusteella eikä vuorauksiprofiilia voida yleensä riittävällä tarkuudella määrittää. myös mittausepävarmuus vaikuttaa vuorauksen kulumisen ennustamiseen ja jäljellä olevan vuorauksen arviointiin. on myös huomioitava että ei yleensä mitata samaa kohtaa vuorauksesta ja kuluneinen kohta voi olla massan alla joten sitä ei huomata. Tällä tavalla mitattaessa saadan tarkempi ja kattavampi raportti kuin kohdassa 1. mutta samalla raportin tekoon kuluva aika on myös	Muotokammalla mitattessa saadan vuorauksen todellinen profiili mitattua tarkemmin, mutta mittauksella mitattaessa joutuu käyttämään mittauksen muuttamiseen raportoitavaan muotoon.	Mittaamenetelmällä mittaustulokset saadaan hyvin dokumentoitua mittauksen aikana. Mittausraportin laadinta vaatii mittaustuloksien käsittelyn erikseen. Mittaustulokset siirretään muistkortilta mittalaitteesta ja niiden koko vaihtelee noin 100mb - 1000mb riippuen mittaustarkkuudesta. Pikaraportin voi antaa antaa paikan päällä ja mittausta voi käsitellä tablet laitteella. Tarkan mittausraportin tekeminen ja tulosten analysointi vaatii tietokoneen ja ohjelmistot.	Mittaamenetelmällä mittaustulokset saadaan hyvin dokumentoitua mittauksen aikana. Mittausraportin laadinta vaatii mittaustuloksien käsittelyn erikseen. Mittausraportin tekeminen vaatii tietokoneen ja ohjelmistot. Mittaustulokset siirretään muistkortilta mittalaitteesta ja niiden koko vaihtelee noin 100mb - 1000mb riippuen mittaustarkkuudesta. pikaraporttia voi olla vaikea antaa paikanpäällä, joten samalla voi joutua tekemään myös manuaalista mittausta, jotta voidaan asiakkaalle antaa ns. pikaraportti.	Mittaamenetelmällä mittaustulokset saadaan hyvin dokumentoitua mittauksen aikana. Mittausraportin laadinta vaatii mittaustuloksien käsittelyn erikseen. Mittausraportin tekeminen vaatii tietokoneen ja ohjelmistot. Mittaustulokset siirretään muistkortilta tai wlan yhteydellä mittakamerasta ja koko vaihtelee noin 100mb - 1000mb riippuen otettujen mittausten määrästä. pikaraporttia voi olla vaikea antaa paikanpäällä, joten samalla voi joutua tekemään myös manuaalista mittausta, jotta voidaan asiakkaalle antaa ns. pikaraportti.	Tällä menetelmällä voidaan mittausta tehdä jatkuvana jolloin käytetään esim selainpohjaista ohjelmistoa jolla voidaan reaaliajassa seurata kulumista.	Tällä menetelmällä voidaan mittausta tehdä jatkuvana jolloin käytetään esim selainpohjaista ohjelmistoa jolla voidaan reaaliajassa seurata kulumista.

4. Mittausmenetelmän käyttöönotto (0.1)								
4.1	soveltuvuus eri myllyille ilman erillistä suunnittelua	10	10	10	10	6	1	1
4.2	mittalaitteita kaupallisesti saatavilla	10	10	10	10	10	0	0
4.3	ohjelmistoja kaupallisesti saatavilla	10	10	6	7	7	0	0
4.4	saako mittauspalvelua alihankintana	10	10	5	8	7	0	0
4.5	saako mittausten analysointia alihankintana	10	10	5	9	6	0	0
<b>Yhteispisteet:</b>		<b>50</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>44</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Painoarvo:</b>		<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
<b>painotetut pisteet:</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3.6</b>	<b>4.4</b>	<b>3.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>
	<b>Kommentit ja huomiot:</b>	Tällä menetelmällä analyysit voidaan tehdä perustoimistohjelmistoilla ja perus cad ohjelmat riittävät mittaustulosten analysointiin.	Tällä menetelmällä mittausraportit voidaan tehdä perustoimistohjelmist oilla ja perus cad ohjelmat riittävät mittaustulosten analysointiin. Työkaluiksi riittävät perusmittalaitteet ja mittakammat joudutaan tekemään itse jos soveltuvia laitteita ei ole saatavilla.	Tässä menetelmässä voidaan mittaukset ja tulosten analysointi teettää ulkopuolella. Jos mittaukset tehdään itse tarvitsee hankkia mittauslaitteisto sekä tarvittavat ohjelmistot tulosten käsittelyyn.	Tässä menetelmässä voidaan mittaukset ja tulosten analysointi teettää ulkopuolella. Jos mittaukset tehdään tarvitsee hankkia mittauslaitteisto sekä tarvittavat ohjelmistot palvelu on mahdollista hankkia alihankintana.	Tässä menetelmässä voidaan mittaukset ja tulosten analysointi teettää ulkopuolella. Jos mittaukset tehdään tarvitsee hankkia mittauslaitteisto sekä tarvittavat ohjelmistot hankkia, mutta analysointi palvelu on mahdollista hankkia alihankintana.	Valmiita kaupallisia antureita ei ole saatavilla kumivuorauskaäyttöön , joten ainakin osa välineista ja palveluista kuten mitta-anturit, lähettimet ja ohjelmistot on hankittava ulkopuolelta. Tämän vaihtoehdon kehittämiseen syntyy tuotekehityskustannuk sia.	Valmiita kaupallisia mitta-antureita ei ole saatavilla ainakaan kumivuorauskaäyttöön, joten ainakin osa välineista ja palveluista kuten mitta-anturit, lähettimet ja ohjelmistot on hankittava ulkopuolelta. Tämän vaihtoehdon kehittämiseen syntyy tuotekehityskustannuksia.

5. Mittausmenetelmän kustannukset (0.15)								
5.1	aloituskustannukset	10	10	7	6	5	3	0
5.2	kustannukset / mitta	5	5	6	5	6	7	10
5.3	kustannukset / mittauskomponentti	10	10	10	10	8	6	8
5.4	kustannukset / mittausraportti	7	7	5	5	4	10	10
5.5	kustannukset / alihankittuna	6	6	5	5	3	2	2
Yhteispisteet:		38	38	33	31	26	28	30
Painoarvo:		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Painotetut pisteet:		5.7	5.7	4.95	4.65	3.9	4.2	4.5
	Kommentit ja huomiot:	Tällä menetelmällä on hyvin vähän käyttöönottokustannuksia. Kustannukset mittausta kohti koostuvat työkustannuksista. Mittauskomponentit ovat edullisia ja työkalukustannukset ovat kertaluontoisia. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista ja riippuvat helposti raportit voidaan laatia.	Tällä menetelmällä on hyvin vähän käyttöönottokustannuksia. Kustannukset mittausta kohti koostuvat työkustannuksista. Mittauskomponentit ovat edullisia ja työkalukustannukset ovat kertaluontoisia. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista ja riippuvat helposti raportit voidaan laatia.	Käyttöönottokustannuksia ovat suuret, jotka koostuvat tarvittavan mittalaitteiston hankinnasta sekä tarvittavan ohjelmiston hankinnasta. Kustannukset mittausta kohti koostuvat työkustannuksista. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista.	Käyttöönottokustannukset ovat suuret, jotka koostuvat tarvittavan mittalaitteiston hankinnasta sekä tarvittavan ohjelmiston hankinnasta. Kustannukset mittausta kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittauspalvelu ulkoistetaan. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittausraportit hankintaan ulkopuolelta.	Käyttöönottokustannuksia ovat suuret, jotka koostuvat tarvittavan mittalaitteiston hankinnasta sekä tarvittavan ohjelmiston hankinnasta. Kustannukset mittausta kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittauspalvelu ulkoistetaan. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittausraportit hankintaan ulkopuolelta.	Tällä menetelmällä on käyttöönottokustannuksia, jotka koostuvat tarvittavan mittalaitteiston hankinnasta / tuotekehitystyöstä. Kustannukset mittausta kohti koostuvat mittaantureista ja lähettimistä sekä mittausohjelmistosta sekä kuukausi / vuosikustannuksista ohjelmiston ylläpitoon. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittausraportit hankintaan ulkopuolelta.	Tällä menetelmällä on käyttöönottokustannuksia, jotka koostuvat tarvittavan mittalaitteiston hankinnasta / tuotekehitystyöstä. Kustannukset mittausta kohti koostuvat mittaantureista ja lähettimistä sekä mittausohjelmistosta sekä kuukausi / vuosikustannuksista ohjelmiston ylläpitoon. Menetelmän kustannukset raporttia kohti koostuvat työkustannuksista tai alihankinta kustannuksista jos mittausraportit hankintaan ulkopuolelta.