

HIILIMYLLYJEN HUOLTO- JA KORJAUSTOIMINNAN KEHITTÄMINEN

Myllymäki Esa

Opinnäytetyö
Tekniikan ja liikenteen ala
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Esa Myllymäki	Vuosi	2018
Ohjaaja	Ins. (AMK) Aslak Siimes		
Toimeksiantaja	SSAB Europe Oy		
Työn nimi	Hiilimyllyjen huolto- ja korjaustoiminnan kehittäminen		
Sivu- ja liitesivumäärä	41 + 13		

Opinnäytetyön tilaajana oli SSAB Europe Oy Raahesta. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa työ- ja turvallisuusohjeet Raahen tehtaan hiili-injektiolaitoksen tuotannossa toimivien hiilen murskausmyllyjen huolto- ja korjaustoimintaan. Työssä selvitettiin myös huoltojen kehitysmahdollisuuksia. Tavoitteena oli saada myllyjen vuosihuollosta aiheutuva tuotantokatkos mahdollisimman lyhyeksi sekä tehostaa vuosikorjausta niin, että korjausten välillä myllyt toimisivat maksimaalisella tuotantokapasiteetilla.

Opinnäytetyön lähestymistapa perustui konstruktiviseen tutkimukseen. Teoreettisessa osassa esitellään yleisesti Raahen tehdasta, kunnossapitoa sekä masuunien ja niihin liittyvän hiili-injektion prosessia. Varsinaisina aiheina on hiilimyllyjen toiminnan ja huoltokohteiden esittely sekä työ -ja turvaohjeiden laatiminen. Lisäksi määritellään huoltojen suunnitteluun liittyviä toimintamalleja.

Tutkivassa osuudessa tutkittiin Loesche- murskainmyllyjen kunnossapidon kehityskohteita, näiden tutkiminen perustui saatuihin kokemuksiin myllyjen toiminnasta ja niissä havaittuihin kehittämistä vaativiin kohteisiin. Näiden laatiminen perustui operaattoreiden, asentajien ja kunnossapidon työnjohtajien kanssa kerättyä kokemusta.

Työn tuloksena PCI- laitoksen turvallistamisohjeita selkeytettiin sekä murskainmyllyjen huoltoon laadittiin työohje. Myllyjen kunnossapitoon tehtiin kehitystoimenpiteitä, jotka toteutettiin välittömästi, lisäksi syntyi ajatuksia jatkokehitystoimista, joita tullaan toteuttamaan lähivuosina.

Technology, Communication and Transport
Mechanical and Production Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Esa Myllymäki	Year	2018
Supervisor	Aslak Siimes, B.Eng.		
Commissioned by	SSAB Europe oy		
Subject of thesis	Developing maintenance and repair methods of coal grinding mill		
Number of pages	41 + 13		

The thesis was commissioned by SSAB Europe Oy Raahe. The aim of the thesis was to produce work and safety instructions for the maintenance and repair of coal grinding mills at the Raahe Mill Coal Plant. The work also focuses on the development of the maintenance services, aiming to minimize the production gap due to the annual maintenance of the mills, and to improve the annual repair so that the mills would work with maximum production capacity.

The thesis' approach was based on constructive research. The theoretical part gives an overview of the Raahe Works plant, the maintenance process and the process of blast furnace and carbon injection related to that. The main topics of the thesis are the presentation of carbon mills and maintenance items, and the preparation of work and safety instructions. In addition, service-planning models are defined.

In the exploratory part, the development of Loesche crusher mill maintenance was studied, based on the experience with the operation of the mills and the observed development areas. These were based on the experience gained with the operators, installers and maintenance managers.

Because of the work, the safety instructions for the PCI plant were clarified and a working manual was prepared for the maintenance of the crusher mills. The development of the maintenance process of the mills was carried out immediately. In addition, ideas were developed for further development that will be implemented in the next few years.

Key words

PCI, maintenance, safety

Koulutusalan nimi
Koulutusala
Koulutus

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	9
1.1	Taustaa	9
1.2	Tavoitteet.....	10
1.3	Rajaukset.....	10
2	SSAB.....	11
2.1	Raahen tehdas	11
2.2	Raahen tehtaan Kunnossapito.....	12
2.3	Masuunit	13
2.4	PCI- Laitos.....	14
3	HIILEN JAUHATUSMYLLYT	15
3.1	Toimintakuvaus.....	15
3.2	PCI-laitoksen turvatoimet ennen huoltoa	16
3.3	Työohjeistuksen laadinta	18
4	HUOLTOKOhteet.....	19
4.1	Luokitin	19
4.2	Lajittelulaitteen huolto	20
4.3	Rungon kulumisen suojaus	21
4.4	Murskainelementit.....	22
4.5	Käyttökoneisto	24
4.5.1	Toimintaperiaate	24
4.5.2	Huolto.....	25
5	HUOLLON ENNAKKOSUUNNITTELU	27
5.1	Kunnossapidon toiminnanohjaus	27
5.2	Huollon resurssisuunnittelu	29
5.3	Varaosien hankinta	30

Koulutusalan nimi
Koulutusala
Koulutus

6 KEHITYSKOHTTEET	31
6.1 Hydraulinen väännin	31
6.2 Telojen kääntösyinterit	33
6.3 Työtasojen muutokset.....	34
6.4 Telojen korjaushitsaus	35
6.5 Luokittimen kuluminen	37
7 POHDINTA.....	40
LÄHTEET	42
LIITTEET	45

ALKUSANAT

Haluan kiittää työnantajaani joustavuudesta opintojeni aikana, erityisesti masuunin henkilöstöä opinnäytetyön aiheesta ja tuesta sen tekemisessä. Erityiskiitokset kunnossapitoasiantuntija Antti Lahtiselle pyyteettömästä tuesta, omien työkiireiden keskellä. Kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajille; Lapin AMKin TKI-yksikön käynnissäpitoryhmän vetäjälle Aslak Siimekselle sekä SSAB:n rautatuotannon kunnossapitopäällikkö Risto Seppäselle.

Ennen kaikkea haluan kiittää vaimoani Suvia ja koko perhettäni, he ovat kannustaneet ja tukeneet opintojen erivaiheissa, mahdollistaneet tämän opinnäytetyön sekä opintojen loppuun saattamisen. Kiitokset myös Tompalle mukavista koulu-reissuista näiden neljän vuoden aikana.

Raahessa 7.5.2018

Esa Myllymäki

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

SSAB	Svensk Stål AB
PCI	Pulverized Coal Injection
KUP	Kunnossapito
ARTTU	Tietojärjestelmä
HRC	Kovuus Rockwell- menetelmällä mitattuna
GJM	Tempervalurauta

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

SSAB:n Raahen terästehtaan masuunien öljyinjektiolaitteisto on korvattu hiili-injektiolaitteistolla vuoden 2015 loppupuolella. Hiili-injektio korvaa kalliimpaa erikoisraskasta polttoöljyä sekä koksia. Hiili-injektiossa erittäin hienojakoiseksi jauhettu hiilipöly injektoidaan masuuneihin puhallusilmahormien kautta.

PCI-laitos (Pulverized Coal Injection) on ollut käytössä reilut kaksi vuotta. Tänä aikana on hiljalleen saatu kokemusta laitteistojen kulumisesta ja huoltojen kehittäminen on nähty tarpeelliseksi. Huoltokohteista vaativimpana on pidetty hiilen jauhatusmyllyjä. Myllyjen toiminta on tuotannolle kriittinen ja sen vuoksi niille ei voida pitää pitkiä huoltoseisakkeja ilman tuotannon menetyksiä.

Myllyjen käyttölämpötila on noin 100 °C ja sisäosat inertioidaan hapettomaksi tuotannon aikana, jonka seurauksena myllyjen sisälle ei pääse suorittamaan edes visuaalisia tarkastuksia ennen laitoksen jäähdyttämistä ja tuulettamista ihmillisiin olosuhteisiin. Tästä johtuen ennakoiva kunnossapito on merkittävässä asemassa myllyjen toimintavarmuuden ylläpidossa.

Hiilen jauhatusmyllyt otetaan suurempaan huolto- ja korjausseisakkiin noin kahden vuoden välein. Tässä huoltoseisakissa suurimpana työvaiheena vaihdetaan muun muassa myllyjen murskainelementit, tehdään kulutusvuorauksen korjaukset, huolletaan käyttökoneisto sekä vaihdetaan myllyjen tuotantoprosessiin kuuluvat suodatinelementit.

Tämä huolto on nyt tehty toiselle myllylle ensimmäisen kerran ja huollon yhteydessä havaittiin, että sekä työn tehokkaan suorittamisen ja turvallisuuden kannalta huollon suunnittelemisessa olisi paljon kehittämistä. Huolto kesti ensimmäisellä kerralla noin viikon. Toimittajalta saatujen tietojen sekä kunnossapitohenkilöstön oman tuntuman mukaan huollon hyvällä ennakkosuunnittelulla, varaosien ennakkovalmisteluilla sekä työtapojen kehittämällä huoltoon käytettävää seisakki aikaa saadaan huomattavasti tehostettua.

1.2 Tavoitteet

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää murskainmyllyjen huoltoa niin, että myllyjen tuotanto kahden vuoden välein tehtävän vuosihuollon välillä on mahdollisimman häiriötöntä sekä vuosihuollon suoritus on tehokasta ja turvallista.

Tavoitteeseen pääseminen edellyttää suunnitelmallista valmistautumista huolto-
seisakkiin sekä toimintatapojen ja työkalujen kehittämistä. Valmistautumisessa on tavoitteena päästä tasolle, jossa kaikkeen huoltoon liittyviin toimiin on valmistauduttu ennakkoon eikä myllyjen purkamisen jälkeen suunnitelmia tarvitse paljon muuttaa esiin tulevien yllätysten vuoksi.

Kun toiminta on suunniteltu ja valmisteltu hyvin ennen huoltoseisakkia, työn suorittaminen on turvallista ja tehokasta. Tarkoituksen mukaiset työkalut, ennalta mietityt työvaiheiden riskit ja niiden pohjalta valitut oikeat työmenetelmät ovat turvallisen työskentelyn lähtökohdat, ja antavat mahdollisuudet myös tehokkuuden kehittämiseksi.

Tavoitteena on myös tuottaa työohjeet myllyjen huoltotoimenpiteisiin sekä ohjeistaa turvatoimien suoritus ennen huollon aloitusta. Lisäksi tavoitteena on kehittää erinäisiä työvaiheita toiminnan tehostamiseksi.

1.3 Rajaukset

Koska PCI-laitoksen ennakkohuolloista on jo aiemmin tehty opinnäytetyö, tässä työssä ei käsitellä laajasti jatkuvasti pyörivää ennakkohuoltotoimintaa. Tässä työssä on tarkoitus käsitellä vain vuosihuoltoa ja senkin laajuudesta johtuen rajattuna pääasiassa vain jauhatusmyllyjen tuotantoprosessiin.

2 SSAB

2.1 Raahen tehdas

SSAB on maailmanlaajuinen teräskonserni, jolla on toimintaa yli 50 maassa ja työntekijöitä yli 15 000. Raahen terästehdas kuuluu SSAB:n Europe liiketoimintayksikköön. Raahen tehdas perustettiin 1960-luvulla osaksi Rautaruukin valtionyhtiötä, turvaamaan kotimaisen telakkateollisuuden ja muun metalliteollisuuden raaka-ainehuoltoa. Rautaruukki fuusioitiin vuonna 2014 osaksi SSAB-konsernia. (SSAB 2017.)

Raahen tehtaalla tuotetaan korkealaatuisia kuumavalssattuja levy- ja nauhatuotteita. Tehdasalue on noin 500 ha:n laajuinen ja siellä työskentelee noin 2400 työntekijää. Raahen tehtaalla vahvuus on integroitu tehdas (Kuva 1), jossa kaikki tuotantolaitteet sijaitsevat samalla alueella, tämän ansiosta sisäisen logistiikan tarve on vähäisempää. Muita tehtaalla vahvuuksia on toimitusvarmuus, joustavuus ja kustannustehokkuus. (SSAB 2017.)



Kuva 1. Raahen tehdasalue (Google 2018)

2.2 Raahen tehtaan Kunnossapito

Keskeisiä tavoitteita SSAB:n Raahen tehtaan kunnossapidon strategiassa ovat suunnitelmallisuuden ja työn tehokkuuden kasvattaminen sekä ulkoisten palveluiden käytön vähentäminen. Kunnossapidon päätavoite kuitenkin on tehtaan häiriöttömän tuotannon turvaaminen, sitouttaen henkilöstö turvalliseen ja tapaturmattomaan työskentelyyn. Uuden strategian mukaisia toimintamalleja on käytetty vuoden 2016 alusta alkaen. Viimeisimmät tavoitteet on asetettu ulottumaan vuoteen 2020 (Kuva 2). Tämän opinnäytetyön toteutuksessa on pyritty huomioimaan strategian mukaiset tavoitteet.

Kunnossapito Raahen tehtaalla on jaettu osastojen omiin kunnossapitoryhmiin, keskitettyyn vuoro- ja suunniteltuun kunnossapitoon sekä korjaamo- ja työnsuunnittelutoimintoihin. Nämä viisi kunnossapidon osa-aluetta on jaettu omaksi organisaatioksi kunnossapito-organisaation alaisuuteen. Tässä työssä esiintyvät laitteet kuuluvat rautatuotannon kunnossapito-organisaatioon. Raahen tehtaan kunnossapidossa on työntekijöitä noin 700 henkilöä. (SSAB 2016.)

SSAB Raahen tehdas, Kunnossapitostrategia 2018 - 2020 Kunnossapidon tavoitteet 2020



Kuva 2. Tehtaan kunnossapitostrategian tavoitteet 2018-2020 (SSAB 2018)

2.3 Masuunit

Raahen terästehtaalla on kaksi jatkuvatoimista masuunia (Kuva 3), joiden raakaraudan vuosituotanto on maksimissaan 2,7 miljoonaa tonnia. Masuuni on kuiluuni, johon syötetään yläosassa sijaitsevien panostuslaitteiden kautta kerroksittain rautapellettiä, koksia ja lisäaineita. Alaosassa sijaitsevien hormien kautta masuuniin puhalletaan happirikastettua 1000-1300 °C:ista ilmaa, hormoneihin injektoidaan lisäksi PCI-laitokselta tulevaa hiilipölyä koksia korvaavana pelkistysaineena. Tämän seurauksena rautaoksidit pelkistyvät ja masuunin alaosasta saadaan noin 480 °C:sta raakarautaa sekä sivutuotteena masuunikuonaa.

Prosessissa syntyvät palokaasut ovat noin 500 °C ja sisältävät runsaasti (noin 20%) hiilimonoksidia. Masuunikaasut otetaan talteen ja hyödynnetään puhdistuksen jälkeen polttoaineena voimalaitoksella, koksamolla ja cowpereilla. Sivutuotteena syntyvä kuona granuloidaan masuunihiekaksi, jota hyödynnetään maanrakennuksessa ja viljelymaiden lannoitteena. Masuunilta raakarautaa kuljetetaan junalla rikinpoiston kautta terässulatolle, jossa rauta mellaetaan konverttereissa teräkseksi ja jälkitäsmäyskäsittelyiden jälkeen valetaan aihioiksi. (SSAB 2016a.)



Kuva 3. Raahen tehtaan masuunit (Nousiainen 2017.)

2.4 PCI- Laitos

Hiili-injektiota masuunin pelkistysaineena on käytetty maailmalla öljykriisin jälkeisistä ajoista lähtien, ja se onkin yleisimmin käytetty injektointipelkistysaine. Raahen tehtaan masuunit siirtyivät vuodesta 1987 lähtien käytössä olleen erikoisraskaan polttoöljyn käytöstä hiili-injektion käyttöön vuonna 2015. Kivihiiltä käytetään Raahen PCI-laitoksella noin 400 000 tonnia vuodessa. (JP Steel 2013; Sipola 2015.)

Hiili-injektoinnissa raakahiili jauhetaan murskaus- ja jauhatusprosesseissa hienojakoiseksi pölyksi ja siirretään kantokaasuna käytettävän korkeapaineisen typhen avulla masuuneilla oleville jakolaitteistoille. Jakolaitteistoilta hiili johdetaan puhallushormeilla olevien injektioanssien kautta masuuniin. Hiili-injektioilaitteistoon sisältyvät raakahiilen varastokenttä, kuljetinjärjestelmä, esimurskaus- ja seulonta-asema, jauhatus- ja kuivauslaitos sekä masuunikohtaiset hiilen jakoasemat.

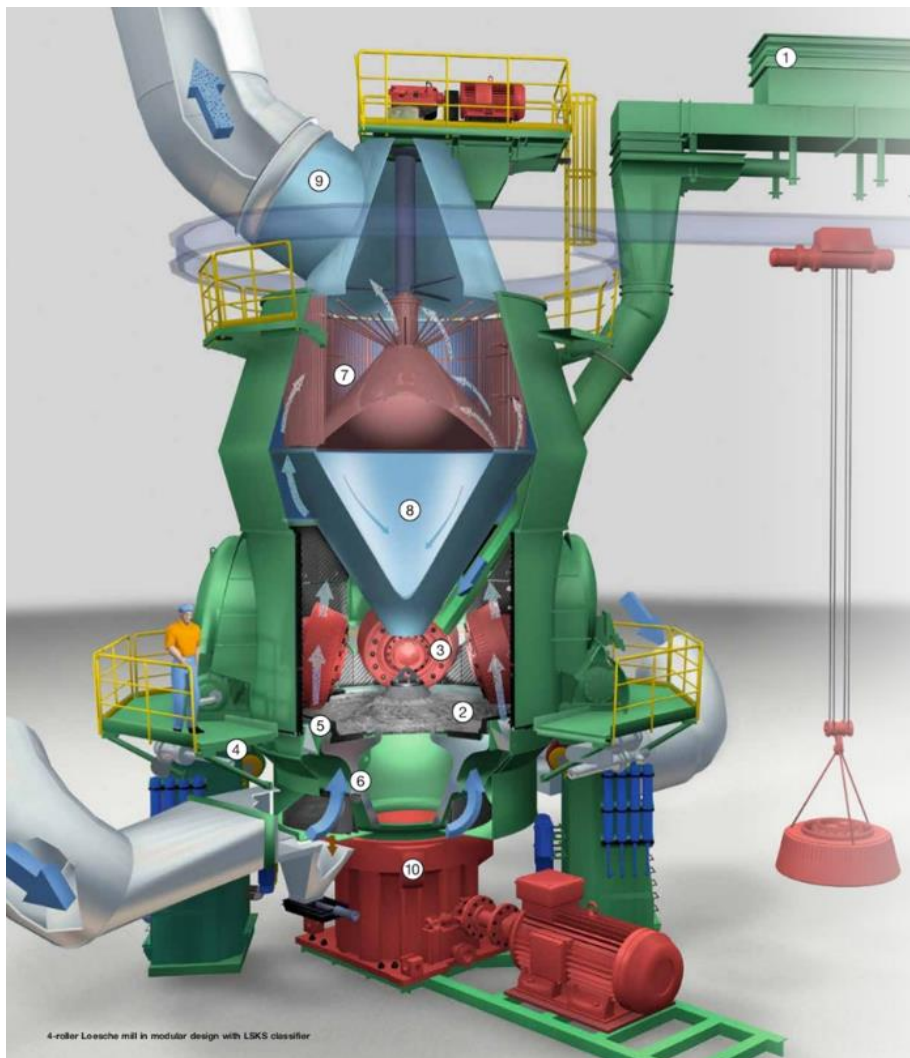
PCI: n tärkein kustannushyöty on koksahiilen korvaaminen. Injektoidulla kivihiilellä korvatus koksen määrä riippuu PCI-hiilen vapauttamasta käyttökelpoisesta energiasta masuunin alemmalla vyöhykkeellä. Tämä energia on osittainen palamislämpö, joka vapautuu, kun hiili kaasuuntuu hiilidioksidiksi ja vetymolekyyleiksi pienemmällä polttokaasujen lämmöllä ja vähemmällä tuhkan määrällä. PCI-laitoksen käyttöönoton myötä Raahen tehtaan koksamolla tuotettu koksi riittää masuunien käyttöön ja 100 000 tonnin vuotuisesta tuontikoksin käytöstä on voitu luopua, mikä osaltaan vakauttaa masuunin tuotantoprosessia sekä tuo kustannussäästöä. (Sipola 2015; Coaltech 2017.)

Kustannussäästöjä saadaan myös siitä, kun kalliimpi öljy on korvattu huokeammalla hiilellä. PCI-laitoksen tuomat yhteenlasketut kustannussäästöt ovat noin 10 % tuotettua raakarautatonna kohti. PCI- laitoksen ympäristövaikutukset verrattuna öljyn käyttöön on vähäiset, hiilidioksidipäästöt vähenivät jonkin verran, pölypäästöt hieman lisääntyivät ja sähkön kulutus on kasvanut. (Sipola 2015.)

3 HIILEN JAUHATUSMYLLYT

3.1 Toimintakuvaus

Hiilen jauhamisen injektoitavaksi hiilipölyksi suorittaa kaksi Loesche LSKS 36-murskainmyllyä, joiden periaatepiirros esitellään kuvassa 4. Myllyjen toiminta perustuu kahteen vaaka-akseliin kiinnitettyyn murskaintelaan (3) ja niiden alla käyttökoneiston (10) pyörittämään murskainpöytään (5). Pöydän ja telojen välissä (2) syöttökuljettimelta (1) tuleva kivihiili murskautuu hiilipölyksi, tämän jälkeen myllyn sisälle puhallettava inerttikaasu (6) kuljettaa hiilipölyn myllyn yläosassa pyörivälle luokittimelle (7), luokittimelta sopivan kokoiset partikkelit kulkeutuvat putkistoja (9) pitkin suodattimille ja sieltä edelleen injektoitavaksi, liian suuret partikkelit (8) palaavat takaisin jauhatuspöydälle.



Kuva 4. Myllyjen toimintaperiaate (Loesche GmbH 2017)

3.2 PCI-laitoksen turvatoimet ennen huoltoa

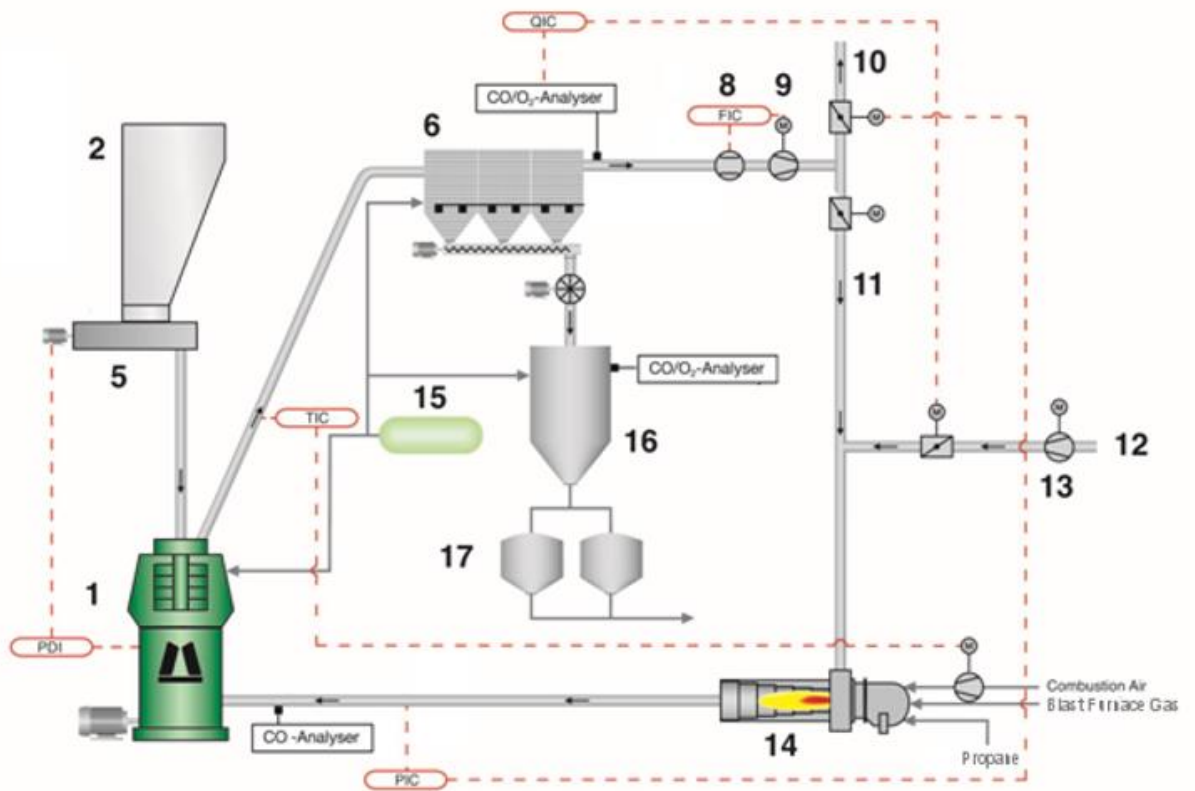
Yhtenä tavoitteena tässä opinnäytetyössä on tuottaa ohjeistus laitoksen turvallis-
tamiseen ennen huoltojen aloitusta. Tämä työ on vaativa ja vastuullinen tehtävä,
joka vaatii tarkkaa selvitystä laitoksen toiminnasta ja prosessien vaaratekijöistä.
Tällä hetkellä on olemassa koko laitoksen turvallis-
tamiseen ohjeet. Näistä oh-
jeista täytyy yhdessä laitoksen käyttöhenkilöstön kanssa rajata ohjeistettavalle
laitteelle vaadittavat turvatoimet. Ohjeistuksen pitää olla riittävän yksityiskohtai-
nen ja selkeä väärinkäsitysten poissulkemiseksi.

Suurimpia vaaroja laitoksella ovat masuuni-, neste- ja typpikaasut sekä suurista
massoista mahdollisesti jääneet kineettiset energiat. Turvallis-
tamisohjeita laadi-
taessa keskustelua käytiin erityisesti kaasulinjojen eristämisestä erilaisissa huol-
totöissä. Keskustelua käytiin esimerkiksi siitä, tarvitseeko masuunikaasuputkea
sokeoida myllyn kalibrointityöhön, kun putki on suljettu käsiventtiilillä ja kahdella
turvaventtiilillä, joiden tiiviys testataan säännöllisesti. Tässä huomiottiin myös so-
keointityön riskit suhteutettuna saavutettuun riskien pienentämiseen.

Tehtaalla on käytössä kahdenlaista mallia turvatoimien tekemisestä ennen töiden
aloitusta. Lähtökohta on se, että jokainen varmistaa ennen töiden aloitusta turva-
toimet kyseessä olevalle laitteelle ja vie omat henkilökohtaiset lukot turvakytki-
mille. Tämä malli on varmin ja selkein silloin, kun henkilöt tuntevat prosessit ja
osaavat tehdä varmasti turvatoimet oikein, mutta esimerkiksi suuremmissa huol-
toseisakeissa huoltoja suorittavat henkilöt tulevat keskitetystä kunnossapitoryh-
mästä tai ovat ulkopuolisia palveluntuottajia. Tällöin turvatoimet tehdään koko lai-
tokselle tietyn henkilön toimesta ja hänen luvallaan työt voidaan aloittaa.

Turvatoimien ohjeistusta laadittaessa käytiin keskustelua myös siitä, pitääkö oh-
jeistus tehdä niin selkeästi ja tarkasti, että kuka vaan pystyy ohjeiden perusteella
tekemään laitoksen turvallis-
tamisen. Käytännössä tämä vaatisi ohjeisiin jokai-
sesta turvatoimia vaativasta kohteesta kuvat ja kartan, missä kyseinen venttiili tai
kytkin sijaitsee. Hyvästä ohjeistuksesta huolimatta on riski, että henkilö kääntää
väärät venttiilit. Turvatoimet pitää tehdä henkilö, joka tuntee laitoksen prosessit
tai ainakin varmistetaan siitä, että henkilöillä on tiedot ja taidot niiden tekemiseen.

Tämän opinnäytetyön aiheena on myllyn huoltotoimenpiteet (Kuvio 1 osa 1). Turvatoimiohjeistusta laadittaessa rajaus tehdään myllyn huoltoon, käytännössä mylly on niin keskeinen osa jauhatusprosessia, että turvatoimet tehdään lähes kaikille kuviossa 1 näkyville osille. Myöhemmin ohjeistus päivitetään myös pienemmille huoltokohteille, jolloin ei tarvitse koko laitosta turvallistaa.



Kuvio 1. Turvatoimia tarvitsevat prosessit (Thiel 2015)

Tässä ohjeistustyössä on haasteena se, miten eri laitteet rajataan turvallistamistoimia vaativiksi alueiksi kussakin huoltotoimessa. Tätä työtä varten tehdään riskien arviointia prosessin hyvin tuntevan tiimin kanssa sekä siihen käyttöön erikseen suunnitellun SARA-riskienarviointiohjelmiston avulla. Työn laajuuden vuoksi se rajattiin tästä opinnäytetyöstä pois.

3.3 Työohjeistuksen laadinta

Erityistä tarkkuutta ja yhtenäistä menettelytapaa vaativista työtehtävistä voidaan kirjoittaa työohje, joka kuvaa vaihe vaiheelta tarkasti, miten kyseinen työ suoritetaan. Työohjeet pidetään työn suorituspaikalla näkyvillä, jolloin niitä voidaan käyttää ohjeena kyseisen työvaiheen suorittamiselle sekä tarvittaessa myös täydentää tai muuttaa kokemuksen mukaan. Työohjeiden laatiminen ja erityisesti niiden täydentäminen kokemuksellisen oppimisen yhteydessä on yksi menetelmistä hiljaisen tiedon häviämisen estämiseksi. (Kvist & Majuri 2010.)

Hiilimylyjen telojen vaihto suoritetaan noin kahden vuoden välein. Työ tehdään suunnitellun kunnossapidon resursseja käyttäen, yhdessä rautatuotannon kunnossapidon oman henkilöstön kanssa. Työtä tekevä henkilöstö vaihtelee, eikä työ ole harvinaisuudesta johtuen rutiininomainen ja hyvin muistissa oleva työtehtävä. Tästä johtuen sekä työturvallisuuslainkin velvoittamana työlle päätettiin laatia yksityiskohtaisempi työohje. Työturvallisuuslain työnantajan huolehtimisveloitteessa lukee muun muassa näin: *Työnantajan on jatkuvasti tarkkailtava työympäristöä, työyhteisön tilaa ja työtapojen turvallisuutta. Työnantajan on myös tarkkailtava toteutettujen toimenpiteiden vaikutusta työn turvallisuuteen ja terveellisyyteen.* (2, § 8.)

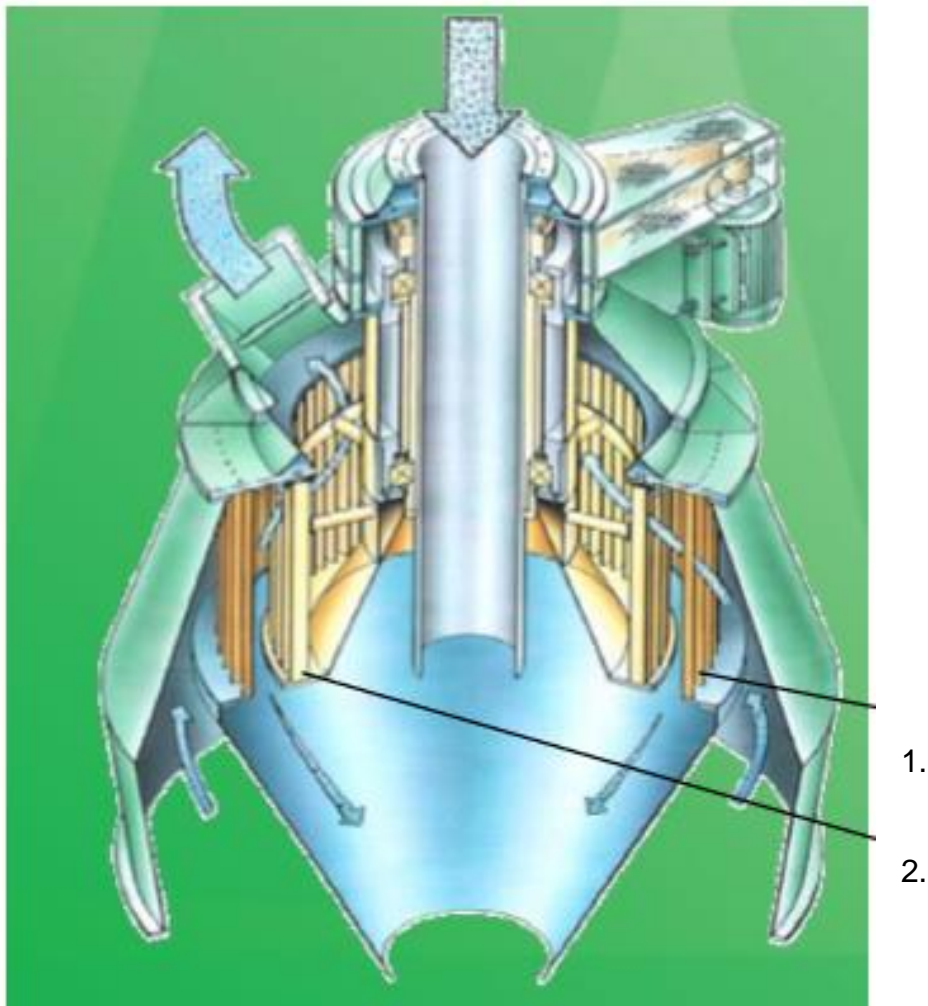
Laadittaessa työohjetta lähtökohdat olivat, että kaikki työtä suorittavat työntekijät ovat ammattitaitoisia, kokeneita asentajia sekä heidät on perehdytetty masuunin ja PCI-laitoksen turvallisuusohjeisiin. Lähtökohdat huomioon ottaen työohjeessa ei selosteta jokaista työvaihetta erityisen tarkasti, vaan erilaiset työvaiheiden riskitekijät ennakoidaan ennen työnaloitusta tehtaalla kunnossapitotöissä käytössä olevan vaarojenarviointilomakkeen avulla.

Koska hiilimylyjen telojen vaihtohuollossa tarvittavia piirustuksia on yli kymmenen kappaletta, työohjeen yhtenä tavoitteena oli, että tietoa kerätään yhden dokumentin alle, jolloin työskentelyvaiheessa tieto on helpommin saatavissa ja ohjetta on myös helpompi muuttaa kokemuksen mukaan. Liitteessä 1. oleva työohje dokumentoidaan ARTTU-tietojärjestelmään, josta se on aina helposti löydettävissä.

4 HUOLTOKOhteet

4.1 Luokitin

Myllyn yläosassa sijaitsevan lajittelulaitteen eli luokittimen tehtävänä on seuloa hiilipölyn raekoko sopivaksi. Myllyjen jauhintoilta kuumien kaasujen mukana nouseva hiili lajituu luokittimessa seuraavan periaatteen mukaisesti. Luokittimen roottorin (Kuva 5. osat 1 ja 2), pyöriessä suuremmat hiukkaset eivät lävistä sisempää roottoria 2., vaan palaavat takaisin jauhatusalueelle, jossa ne sekoittuvat takaisin syötteeseen. Riittävän hienojakoiset hiukkaset poistuvat kaasujen mukana suodatusyksikköön. (Thiel 2015).



Kuva 5. Luokitin (Thiel 2015)

4.2 Lajittelulaitteen huolto

Lajittelulaitteen huollossa toimenpiteet ovat lähinnä visuaalisia tarkastuksia, joiden kohteena ovat roottorin, kotelon ja putkistojen kuluneisuus, käyttökoneiston hihnat, laakeroinnit, voitelun toimivuus sekä roottorin laakeroinnin voitelun tarkastus ja pyörimisherkkyyden testaus. Tarkastusten perusteella tehdään tarvittavat korjaustoimenpiteet huollon yhteydessä ja raportoidaan kuluminen, jonka perusteella varaudutaan seuraavien huoltoseisakkien toimenpiteisiin.

Roottoreiden laakeroinnin automaattivoitelun toimivuus ja putkistojen vuotojen tarkastus ovat tärkein kohde luokittimen huollossa, koska tällä on merkittävä vaikutus laakeroinnin kestoikään ja korjauskohteena laakeroinnin vaihto on suuritöinen. Laakereilla käytetään voiteluaineena Mobilith SHC 460 synteettiseen perusöljyyn perustuvaa korkeapainerasvaa, jolla on erinomaiset voiteluominaisuudet raskaasti kuormitetuilla keskinopeasti pyörivillä laakereilla (Mobil 2017). Voitelun määräksi valmistaja on ilmoittanut 1 cm^3 tunnissa (Thiel 2015).

Raesuppilon kartion alaosassa (Kuva 6) sekä luokittimen kotelossa on havaittu normaalia nopeampaa kulumista. Tämän lisäksi kehityskohteisiin, joista on kerrottu lisää luvussa 6.

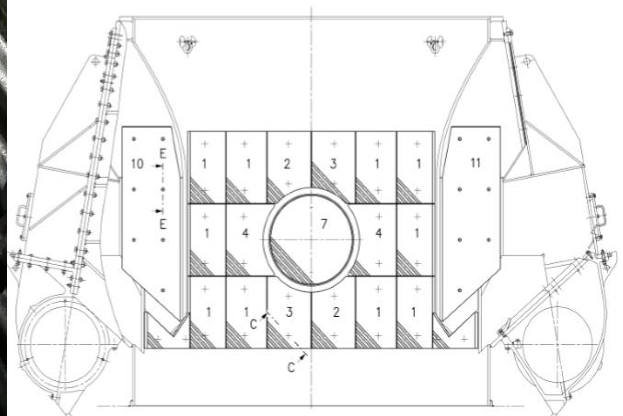


Kuva 6. Raekartion kuluminen

4.3 Rungon kulumisen suojaus

Myllyn sisäosat on suojattu abrasiiviselta kulumiselta ruuvikiinnitteisillä kulutuslevyillä (Kuva 7). Levyt on valmistettu valuraudasta, ja niiden korjaaminen hitsaamalla on lähes mahdotonta levyjen ollessa paikoillaan myllyn sisällä, jonka vuoksi on tärkeää, että levyjen kuntoa seurataan sekä kulumisen raportoidaan. Myllyihin tehtyjen ennakkohuoltojen yhteydessä on havaittu kulumista tapahtuvan erityisesti murskainkehien läheisyydessä, kun taas muualla myllyssä levyt ovat lähes uudenveroisessa kunnossa. Tämän vuoksi kulumisen seurantaan olisi hyvä ottaa avuksi piirustus kulutuslevyistä, johon merkitään visuaalisen tarkastuksen jälkeen kuluneimmat paikat. Piirustuksen avulla tilataan uusia levyjä varaauttaessa seuraaviin huoltoseisakkeihin.

Murskainkehien takana on myös pieni kohde kulutukselta suojaamatonta aluetta, jossa on havaittu pientä kulumista. (Kuva 7, vasen reuna). Tämän alueen suojaukseen tehdään kokeiluna alumiinioksidilaatoitus. Pinta karhennetaan hiomalla, puhdistetaan huolellisesti ja liimataan keraamipinnoite, josta on kerrottu luvussa 6.5.



Kuva 7. Sisäosien suojauslevyjä

4.4 Murskainelementit

Murskainelementit määrittävät kuluneisuudellaan myllyjen huoltoseisakin ajankohdan, ja koska niiden vaihto on myös suurin työvaihe huollossa, murskainkehien vaihdosta tehtiin omat työohjeet (Liite 1). Kehien lisäksi myös murskainpöydän levyt ovat kulutuksen kohteena. Ensimmäisessä huollossa murskainpöydän levyjen todettiin olevan vielä hyvässä kunnossa ja niiden vaihdon arvioidaan olevan ajankohtainen 4-vuotishuollossa. Kuitenkin mahdollisten halkeamisten tai muun yllättävän rikkoutumisen vuoksi murskainpöydän elementit on päätetty tilata varaosiksi varastoon.



Kuva 8. Pöydän ja kehien mittaus.

Murskainpöydän ja -kehien kulumista seurataan välihuolloissa, mittaus suoritetaan aina samasta kohdasta, aputyökaluja käyttäen ohjeistuksen mukaan (Kuva 8.) Mittaustulokset raportoidaan pöytäkirjaan, josta kuluminen on helposti seurattavissa. Taulukosta 1. voidaan lukea telojen kuluneisuuden olevan lähtötilanteen ja vaihdon välillä paikoitellen lähes 50 mm.

Taulukko 1. Ote kehien mittaustuloksista

				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Distance [mm] from big diameter of roller >>>>>>				0	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500				
Roller 1	0 - Point	Measur.	2.6.2015	touko.15	60,0	59,2	59,3	58,0	58,0	58,5	59,2	60,5	60,0	60,0	60,0	60,0			
			25.4.2016	25. huhtikuuta	66,8	74,6	76,1	66,0	61,9	61,2	61,0	61,7	61,8	61,1	61,1	60,5			
			18.8.2016		69,1	81,9	87,4	72,0	65,1	63,7	63,0	63,0	62,5	62,6	62,2	62,3			
			21.8.2017		69,2	94,5	98,3	91,4	76,3	64,9	62,2	63,6	62,9	63,0	62,9	62,9	Valssipyöränvaihto		
Roller 2	0 - Point	Measur.	2.6.2015	touko.15	57,0	56,0	56,0	56,0	56,2	56,6	57,0	58,2	58,7	58,7	58,9	58,8			
			25.4.2016		70,8	80,7	80,5	59,6	65,4	64,4	63,9	64,3	63,5	63,4	63,6	63,1			
			18.8.2016		70,0	84,4	87,4	73,0	66,3	64,4	64,7	65,2	64,7	64,1	64,8	63,7			
			21.8.2017		79,9	97,0	100,3	96,0	82,2	68,6	64,7	65,6	64,9	64,9	65,2	63,8	Valssipyöränvaihto		

Murskainkehien kulumisen ollessa merkittävä tekijä myllyjen huoltojen määrittämisessä heräsi kysymyksiä, mitä materiaalia kehät ovat, miten niiden kulumisen kestoa voitaisiin parantaa, miten käytetty hiilen laatu vaikuttaa kulumiseen ja niin edelleen. Näitä asioita selvitettiin ottamalla ensimmäisenä näytehie kehän kulumuspinnalta. Kulmahiomakoneella leikattiin noin 10 x 40 mm:n kokoinen näytepala. Käytetystä työmenetelmästä johtuen näytehien lämpötila nousi niin korkealle, että mahdollinen lämpökäsittelyllä saatu kovuus muuttui. Tiedossa oli kuitenkin kovuuden olevan noin 60 HRC, ja tarvittaessa kovuusmittauksia voidaan tehdä suoraan kehän pinnalle.

Taulukko 2. Kehän materiaalianalyysi

C	S	Mg	Al	Si	P	Ca	Ti	V	Cr
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Poltto	Poltto	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
2,48	0,0089	< 0,01	0,03	0,51	0,027	< 0,001	0,001	0,049	14,4
Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Zr	Nb	Mo
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
0,57	79,1	0,026	0,82	0,046	0,002	0,004	0,002	0,009	1,93
Ag	Sn	Sb	Te	La	Ce	Ta	W	Pb	Bi
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF	XRF
< 0,003	< 0,002	< 0,003	< 0,005	0,002	< 0,002	0,006	0,007	< 0,002	0,03

Materiaalianalyysin (Taulukko 2) perusteella murskainkehien hiilipitoisuus C on 2.48 %, josta selviää materiaalin olevan valurautaa (Väisänen 2007). Lisäksi analyysistä selviää materiaalin olevan seostettu kromilla, molybdeenilla ja nikkelillä. Analyysin pohjalta selviää materiaalin olevan adusoitua valkoista valurautaa, eli niin sanottua tempervalurautaa (GJM), joka valmistetaan lämpökäsittelmällä valkoista valurautaa. GJM- rauta on oikein menetelmin tehtynä mahdollista korjaushitsata, esimerkiksi hiilenpoistokäsittelyillä hitsattavuutta voidaan parantaa (Ruoppa 2017). Näillä tiedoilla selvitettiin kovahitsaamisen vaikutusta telojen kulumuskestävyyteen, josta erillinen selvitys luvussa 6.4. (Tuomola 1997,4.)

4.5 Käyttökoneisto

4.5.1 Toimintaperiaate

Hiilimyllyn käyttökoneisto muodostuu Moventaksen valmistamasta hammasvaihteistosta (Kuva 9), sitä pyörittävästä sähkömoottorista sekä vaihteiston öljyn suodatus- ja jäähdytysyksiköstä. Hammasvaihteen tehtävä on voiman siirtäminen moottorilta myllyn murskainpöydän pyörytykseen. Pyörimisliikettä välitetään akselilta toiselle hammaspyörien avulla, samalla pyörimisnopeutta ja vääntömomenttia muuttaen. Hampaiden keskinäisessä liukumisessa ja laakeroinneissa syntyvistä kitkahäviöistä johtuen hammasvaihte hävittää tehoa hammaspyörä- ja vaihdetyypistä riippuen yhdestä prosentista kymmeneen prosentteihin. Meneetty teho muuttuu vaihteessa lämmöksi. Lisäksi vaihteistoon siirtyy lämpöä myllystä johtumalla. Lämmön siirtämiseksi pois vaihteistosta tarvitaan öljyn jäähdytysjärjestelmä. (SEW 2006,46.)

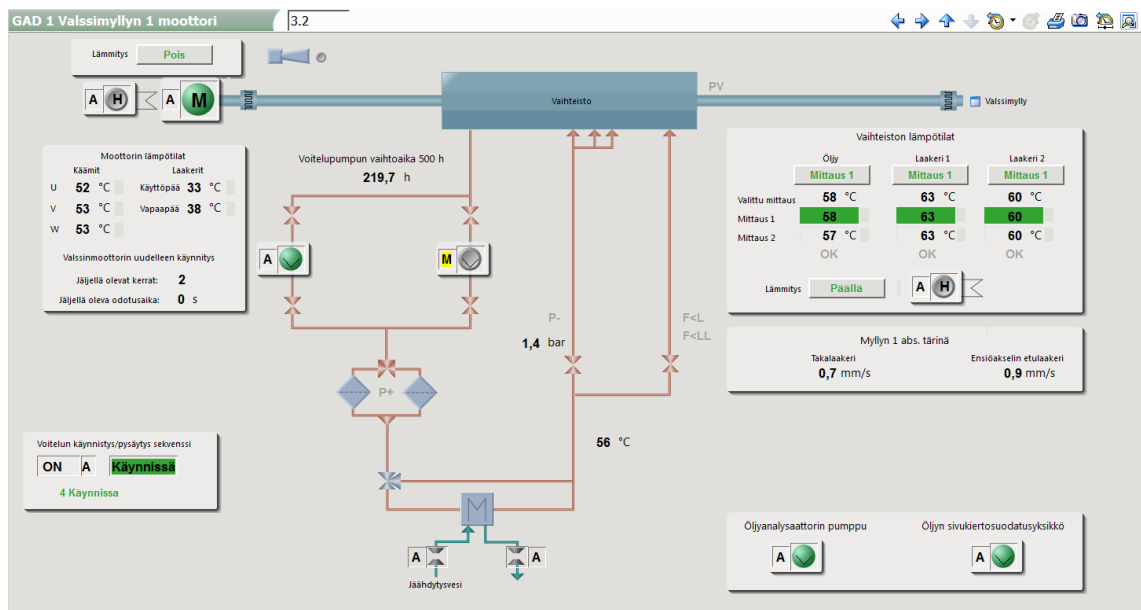
Vaihteisto	KL2 0280 SS26-AKS320-11
Valmistaja	Santasalo/Moventas
P	460 kW
n1	990 1/min
n2	37,7 1/min
Fa,stat	1520 kN
Fa,max	5900 kN
paino	11500 kg
Öljy	mineraaliöljy ISO VG 320
Öljynvirtaus	170 l/min
Jäähdytysvesi	6 m ³ /h



Kuva 9. Myllyn vaihteisto

4.5.2 Huolto

Myllyn käyttökoneistoon on asennettu kunnonvalvontajärjestelmä, jolla vaihteiston sekä sähkömoottorin laakerien lämpötiloja ja tärinöitä mitataan jatkuvasti. Valvontatietojen perusteella (Kuvio 2) on tehty myös lukitukset. Lämpötilojen tai tärinöiden noustessa liian korkealle mylly ajetaan automaattisesti alas ja käynnistyssekvenssi keskeytetään. Vaihteiston öljyn lämpötilasta ja paineesta on myös lukitukset, näillä järjestelyillä pyritään estämään laitteiden käyttäminen jo alkavan vikaantumisen ilmetessä.



Kuvio 2. Vaihteiston lämpötilat ja tärinät ohjaamon näytöllä.

Käyttökoneiston huolto muodostuu pääasiassa öljyn kunnon ja kierron varmistamisella sekä laakereiden lämpötilojen ja niiden tärinöiden seuraamisella. Vaihteiston öljynkierto on vaihteiston kestävyuden kannalta ratkaisevassa roolissa. Vaihteiston öljypumput on kahdennettu ja pumppujen käyttöä vaihdetaan 500 tunnin välein, jolla varmistetaan molempien tasainen kuormitus. Öljynkierrossa on kiinteä analysaattori, joka valvoo öljyn laatua. Öljyn laatua analysoidaan myös määräjain tehtävillä laboratoriotutkimuksilla, joiden tuloksia verrataan valmistajan ilmoittamiin suurimpiin sallittuihin epäpuhtauspitoisuuksiin (Taulukko 3). Mikäli öljyssä esiintyy kiintoainepitoisuuden lisääntymistä, ensimmäisenä toimenpiteenä vaihdetaan öljynsuodattimet ja näytteidenottoväliä tihennetään.

Vesipitoisuuden lisääntyessä öljyssä sitä voidaan vähentää tehtaalla käytössä olevilla siirrettävillä öljyn suodatus- ja höyrystyslaitteilla. Vaihteiston valmistaja suosittelee öljyjen vaihtoa kahden vuoden välein huolimatta öljyanalyyysien ilmoittamasta tuloksesta. (Moventas 2014).

Taulukko 3. Suurimmat sallitut öljyn epäpuhtauspitoisuudet. (Moventas 2014)

Metallit	mg/kg	Lisäaineet	mg/kg	Epäpuhtaudet	mg/kg
Rauta (Fe)	40	Kalsium (Ca)	20	Pii (Si)	15
Kromi (Cr)	4	Magnesium (Mg)	20	Kalium (K)	7
Tina (Zn)	2	Sinkki (Zn)	20	Natrium (Na)	10
Alumiini (AL)	5	Barium (Ba)	20	Litium (Li)	5
Nikkeli (Ni)	2	Boori (B)	20	Vesi (H ₂ O)	maks. 300 ppm
Kupari (Cu)	20	Fosfori (P)	350		
Lyijy (Pb)	6	Rikki (S)	350		
Molybdeeni (Mo)	10				

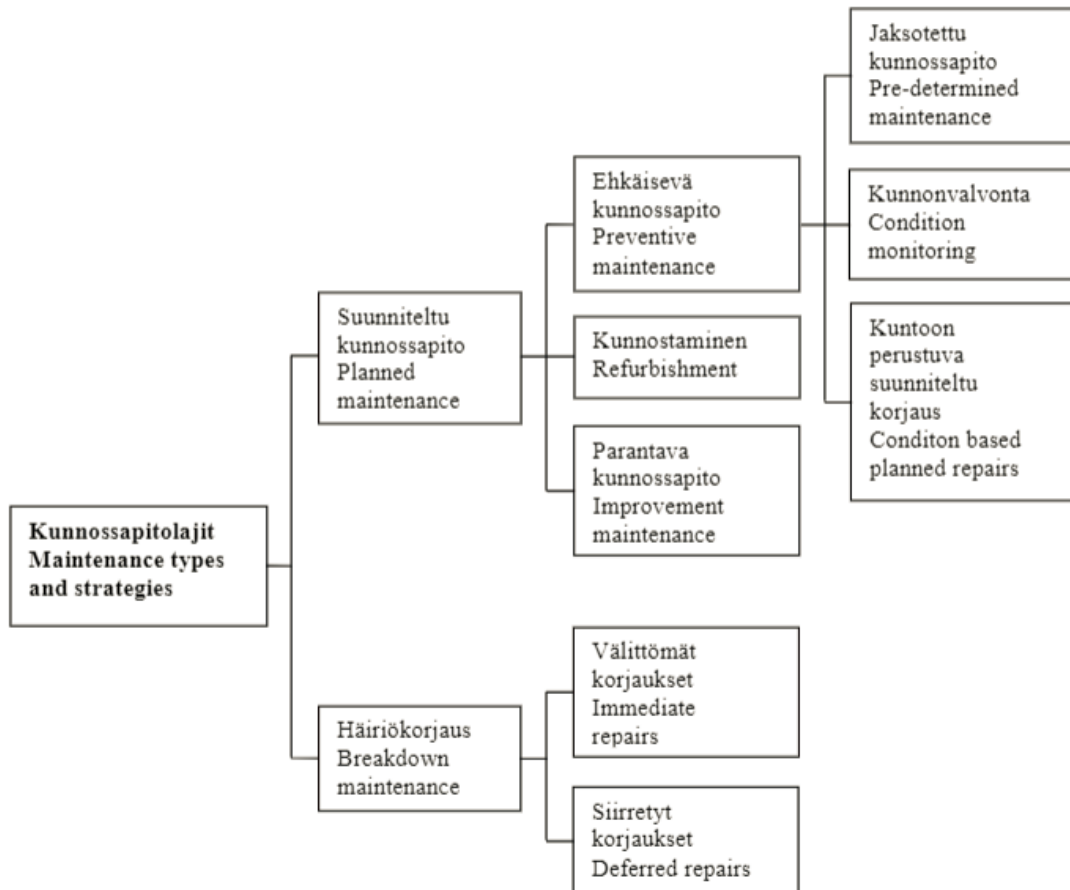
Nykyisten synteettisten öljyjen viskositeetin ja muiden ominaisuuksien muuttuminen myllyn käyttölämpötila-alueilla on vähäistä (Mobil 2017). Kuitenkin öljyn lämpötilan seuranta ja jäähdytyksen toiminta on tarkastettava ja pidettävä kunnossa. Öljy jäähdytetään lämmönvaihtimilla teollisuusveteen. Vesikierron suodattimet puhdistetaan ja putkistot tarkastetaan määräajoin, vuodot korjataan ja putkistot pestään teollisuusvedestä kertyvästä humuksesta puhtaaksi.

Vaihteiston kuntoa suositellaan seurattavaksi viikoittain ulkoisten vuotojen ja vaurioiden, käyttöäänien, öljytason sekä kotelon lämpötilan osalta. Mielestäni nämä viikkotarkastukset kuuluvat käyttöhenkilökunnan tehtäviin ja olisi ohjeistettava heidän kierrosten kohteisiin sekä mahdolliset havaitut muutokset olisi ilmoitettava välittömästi kunnossapitoon. Vaihteiston valmistaja suosittelee lisäksi kahden vuoden välein vierintälaakereiden, hammastusten ja kytkimien tarkastusta. Tarkastus suoritetaan tyhjentämällä vaihteiston öljyt ja avaamalla huoltoluukut vaihteistokotelosta, näihin tarkastuksiin tarvitaan erikoisosaamista, jota valmistaja suosittelee ostettavan heidän huoltopalvelustaan (Moventas 2014).

5 HUOLLON ENNAKKOSUUNNITTELU

5.1 Kunnossapidon toiminnanohjaus

Raahen tehtaan kunnossapidon lajit on jaettu PSK 6201 -standardia mukaillen (Kuvio 3). Tässä jaossa merkittävä rooli on päivittäisessä kunnossapitäjien toiminnan ohjauksessa, töiden suunnittelulla ja hallinnalla. Laitteiden kuntoa seurataan kriittisyysarvioiden perusteella tehdyn määritelmän mukaan säännöllisin ennakko- ja huoltoin, kunnonvalvonnan sekä aikaisemman kokemuksen ohjaamana. Kunnossapidon resurssit pyritään ohjaamaan ehkäisevään kunnossapitoon, kunnonvalvontaan sekä suunniteltuun korjaustoimintaan. Toimintaa tukee tehokas häiriökorjausryhmä yhdessä korjaamotoimintojen kanssa, joiden avulla satunnaiset vikaantumiset korjataan tehokkaasti mahdollisimman lyhyellä tuotantomene- tyksellä. (Mikkonen 2009.)



Kuvio 3. Kunnossapitolajit PSK 6201:n mukaan (Mikkonen 2009, 96)

Tehtaan kunnossapidon toiminnanohjausjärjestelmänä on Solteqin kehittämä Arttu-ohjelmisto, jonka avulla kaikki päivittäinen kunnossapidon töiden hallinta toteutetaan. Vikatyötilaukset kääntyvät Arttuun suoraan käyttöpuolen häiriökirjausten perusteella tai jonkun henkilön tekemänä vikatyönä. Vikatöiden lisäksi Arttuun on syötetty laitteiden ennakkohuoltotyöt, josta ne kalenterin ohjaamana tulevat määräajoin toteutukseen.

Työn tullessa toteutukseen, työn tila muutetaan ”toteutettavissa” tilaan ja työlle tulostetaan työmääräin (Kuva 10). Artun avulla suoritetaan kaikkien laitteiden piirustusten ja työohjeiden dokumentointi sekä toteutetaan varaosien hallinta ja tilaukset. Artusta saadaan myös päivittäisessä toiminnassa tarvittavat työluvut ja tehdään esimerkiksi telinetyösuunnitelmat työmääräimien liitteeksi. Arttu toimii myös työtuntien karkea- ja hienokuormituksen suunnittelussa.

		<u>TYÖMÄÄRÄIN</u>		09.01.2018	
Päättyönro:	4226503	PCI HIILIMYLLY 1 TELOJEN KULUTUSPINTOJEN	Suun. aloitus pvm	07.08.2017	valm. pvm
Työnro:	4225834	VAIHTO			
		PCI HIILIMYLLY 1 TELOJEN KULUTUSPINTOJEN VAIHTO			
					
Edelliset työt:			Tulopaikka:		
Seuraava työ:					
Projekti:					
Seisokki:	GAD 1 34/17	GAD 1 KULUTUSPINTOJEN VAIHTO	Työn tila:	TEHTY	
Seisokkiaika:	21.08.2017 - 25.08.2017	klo: 07:00 - 15:00	Kiireellisyys:	TILAUKSEN MUKAAI	
Työpaikka:			Paino:	kg	
Kohde:	P 24-12-4-010-03	MURSKAUS ELEMENTIT			
Lisäkohteet:					
Huom.kortilta:					
Tako:			Yksikkö:	Takomäärä:	
Kust.paik.	0010664460	Inv.tunnus	Maks. KP	0010664460	
Aselaji	MEK				
Vastaanottaja:	KENTTÄRYHMÄ		Tilauspvm:	24.05.2017	
Vetäjä/TJ:	HEM11278	HEIKKINEN M. HEM1127	Toiv. valm. pvm:	25.08.2017	
Tilaaaja:	HAARAJA	HAARALA J. HAARAJA	Suunn. aloitus pvm:	21.08.2017	
puh:	+358 20 5922466		Suunn. valmistumis pvm:	25.08.2017	
Kuormitusryhmä:	KKP KKR PÄIVÄ	KKP KKR PÄIVÄ	Suunn. kesto:	40 h	
Suunnittelija:	HAARAJA	HAARALA	Suunn. henkilömäärä:	6 hiöä	
puh:	+358 20 5922466				

Kuva 10. Ote työmääräimen etulehdestä

Arttuun perustetaan kalenterivuoden alussa tiedossa olevista suunnitelluista seisakeista seisakkitunnus, (Kuva 10) (GAD 1 34/17). Laajempien huoltoseisakkien työt kerääntyvät yleensä pitkällä aikavälillä Artun työjonoon, josta työt kohdistetaan tietyille seisakille, jos niitä ei voida käynnin aikana tehdä.

Kun ennalta suunniteltu tai käyttöhenkilöstön kanssa yhteistyössä sovittu seisakki tulee ajankohtaiseksi, työt ovat seisakkitunnuksen takana valmiina odottamassa. Täältä työt priorisoidaan resurssien mukaan toteutukseen. Ennen seisakia työt käydään läpi palaverissa, johon osallistuu käyttö- ja kunnossapitohenkilöstöä sekä mahdollisia ulkopuolisia palveluntarjoajia. Tässä palaverissa keskustellaan myös jokaiseen työhön liittyvistä turvallistamistoimista ja mahdollisista tyhjäksi ajoista ennen seisakkia.

5.2 Huollon resurssisuunnittelu

Seisakkien määrän vähentämiseksi pitkällä aikavälillä PCI- laitoksen huolto-seisakkiin suunnitellaan tehtäväksi mahdollisimman monen laitteen huolto ja korjaus samaan aikaan. Koska ryhmähuollot vähentävät kokonaiskustannuksia laitteiden elinkaaren aikana, kunnossapitotöiden aikataulusuunnittelussa pitää ottaa huomioon jokainen laite ja komponentti sekä pyrkiä minimoimaan kunnossapitoimien ja vikatilojen kustannus. Kunnossapidon aikataulutuksen rooli on erityisen tärkeä laitteilla, joilla järjestelmävika aiheuttaa taloudellisia menetyksiä tai jopa henkilö- tai ympäristöriskin. (Pargar 2017.)

Hiilimyllyn huollon resurssien suunnittelussa tärkeimmät määrittelevät tekijät ovat huollolle annettu aika, tehtävien töiden määrä ja laajuus sekä käytettävissä olevat resurssit ja varaosat. Kun tiedossa on, että huolto pitää tehdä mahdollisimman lyhyellä tuotantokatkoksella ja tehtävät työt keskittyvät samalle alueelle, resurssien määrän lisääminen ei tuota riittävää tehokkuutta kaikissa kohteissa. Näissä kohteissa huolto tehdään kolmessa vuorossa pienemmillä työryhmillä. Pääasiassa resurssit kohdennetaan kuitenkin päivävuoroon muun infran ja oheispalvelujen järjestämisen helpottamiseksi.

Töiden resursointi aloitetaan listaamalla tehtävät työt. Tämän jälkeen arvioidaan jokaisen työvaiheen kesto ja tekijöiden lukumäärän tarve. Näillä lähtötiedoilla työt listataan Gantt-kaavioon töille annettuun aikaikkunaan. Kun työt ja tekijät ovat kaaviossa, suunnitellaan omilla resursseilla tehtävät työt sekä määritellään keskitetyn kunnossapidon ja ulkoisen työvoiman tarve.

Resursseja varataan myös huoltoseisakkia edeltäville päiville töiden valmisteluihin. Valmistelut sisältävät varaosien valmistelun ja siirrot työkohteisiin. Samalla käydään etukäteen läpi töiden vaiheet tutustumalla työohjeisiin ja piirustuksiin. Remontin jälkeiset työt vaativat myös resursseja, kun vaihto-osat toimitetaan huoltoon ja työkalut viedään omille paikoilleen. Työhyvinvoinnin ja turvallisuuden ylläpitämiseksi sekä ympäristön suojelemiseksi on tärkeää, että työmaat siivotaan ja jätteet huolehditaan omille paikoilleen.

5.3 Varaosien hankinta

Kunnossapidon varaosien varastointitarve on vaativaa, koska laitteilla on paljon eri nimikkeitä ja niiden tarve voi olla harvoin. Lisäksi osat vaativat hyvät olosuhteet pysyäkseen toimintakuntoisena pitkänkin varastoinnin jälkeen. Tärkeää on myös varaston ja varastokirjanpidon luotettavuus ja selkeys varaosien löytämisen ja päällekkäisyyksien poistamisen vuoksi. (Opetushallitus 2010.)

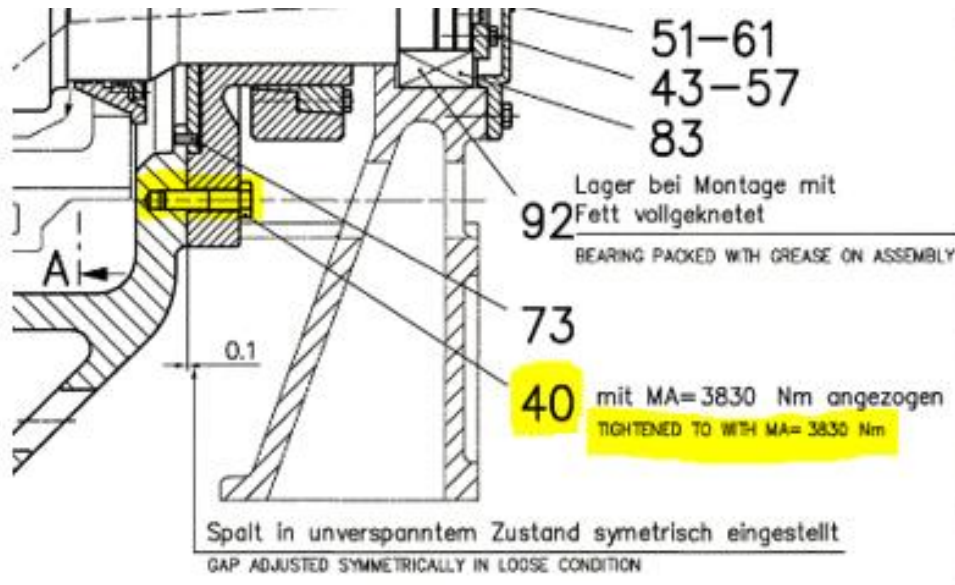
Nykyiset älykkäät kunnonvalvontajärjestelmät helpottavat varaosien varastointitarvetta ilmoittamalla mahdollisesta vikaantumisesta jo varhain. Tulevaisuudessa varaosien varastointitarve vähenee ja varastointi verkostoituu. Verkostoitumisessa on mukana vahvasti laitetoimittajat tarjoamalla keskitettyjä varaosien kunnostus- ja varastointipalveluja. (Westerholm & Komonen 2016.) On kuitenkin esitetty, että jopa 80% syntyvistä vaurioista olisi satunnaisia. Tämän vuoksi on välttämätöntä arvioida laitteistojen varaosatarve mahdollisten rikkoontumisten varalta. (Mikkonen 2009,140).

PCI-laitoksen laitteille on projektin jälkeen hankittu varaosia laitetoimittajien suositusten mukaan kriittisyystarkastelujen perusteella. Laitoksen laitteiden varaosilla on jopa 30 viikon toimitusajat, jonka vuoksi on tärkeää suunnitella remontit jo vähintään puoli vuotta etukäteen tärkeimpien varaosien saatavuuden varmistamiseksi. Raahan tehtaan ehdoton vahvuus on ammattitaitoinen korjaamo, jossa pystytään tekemään teräsosat nopealla aikataululla laitteiden purkamisen jälkeen tulevien yllätysten varalta.

6 KEHITYSKOhteET

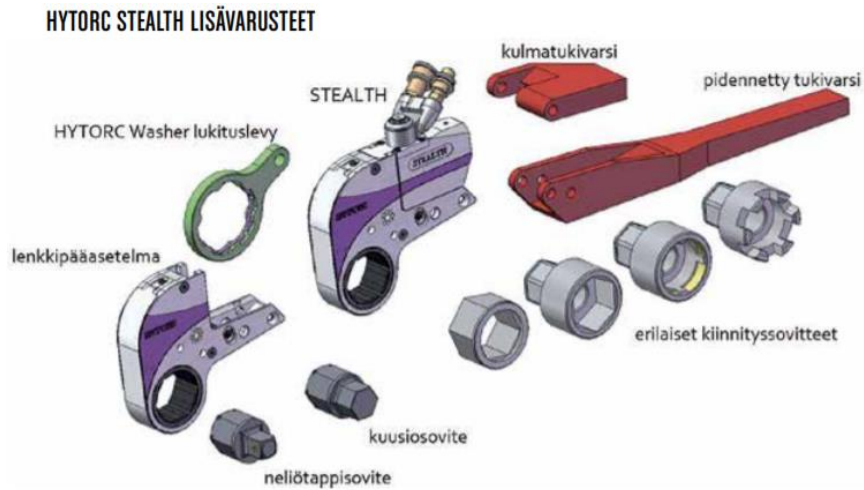
6.1 Hydraulinen väännin

Kääntövarren lukitusruuvit ovat halkaisijaltaan 42 millimetriä (Kuvio 4). Niiden kiristysmomentti on 3830 Nm, toisin sanoen ruuvit pitäisi kiristää metrin mittaisella varrella 380 kilogramman voimaa käyttäen. Totesimme ensimmäisellä kerralla ruuvien avauksen ja kiristämisen perinteisillä työkaluilla vaikeaksi, ja oikean kiristysmomentin saavuttamisen mahdottomaksi. Takimmaisten ruuvien sijainti aiheuttaa myös merkittävän tapaturmariskin perinteisiä työmenetelmiä käyttäen.



Kuvio 4. Kääntövarren lukitusruuvit

Ruuvien kiristystyökaluja mietittäessä ainoaksi vaihtoehdoksi tässä kohteessa valikoitui hydraulinen momenttiavain. Kohteessa rajoittavin tekijä oli tilan puute, jonka vuoksi muut vaihtoehdot karsiutuivat pois. Hydraulisen momenttiavaimen hankintaa helpotti osastolta jo löytyvä hydraulipumppu ja letkut, jolloin hankittavaksi jäi ainoastaan momenttiväänninyksikkö. Momenttivääntimeen valittiin lisävarusteeksi kuvassa 11 näkyvä pidennetty tukivarsi helpottamaan takimmaisten ruuvien avausta. Pidennetty tuki mahdollistaa vääntimen tarvitseman tuen jäämisen näkyville, jolloin sormien vahingoittumisriski myös pienenee.



Kuva 11. Hydraulinen momenttiavain lisävarusteineen (Haitor 2014)

Hydraulivääntimen käyttö kiristämisessä vaatii hydrauliikkapumppuyksiköltä tarkan painemittausmahdollisuuden, koska vääntimen käyttämä momentti määräytyy käytettävän hydrauliikkapaineen mukaan. Tarkkoihin kiristystuloksiin pyrittäessä väännin voidaan kalibroida erillisellä laitteella. Kalibroinnin jälkeen vääntömomentin luvataan olevan noin 5%:n tarkkuudella oikea (Haitor 2014). Hydrauliikkapumppuja on saatavilla digitaalisesti ohjatulla paineenrajoituksella, jolloin kiristysvaiheessa painetta ei tarvitse erikseen mittarista seurata vaan yksikkö lopettaa kiristyksen saavutetun paineen jälkeen. Masuunin käytössä oleva pumppu on varustettu analogisella mittauksella, jonka tarkkuus mielestäni riittää tähän kohteeseen ilman erillistä kalibrointiakin. Taulukon 4 mukaan saavuttaaksemme 3830 Nm:n kiristysvoiman, tarvitsemme noin 245 barin hydraulisen paineen.

Taulukko 4. Momenttiarvon vaatima paine

Paine	Momenttiarvo		Paine
	PSI	Kgm	
1500	166	1625	104
1600	176	1730	110
1800	198	1939	124
2000	219	2149	138
2200	241	2363	152
2400	263	2578	165
2600	285	2792	179
2800	307	3006	193
3000	329	3221	207
3200	351	3442	220
3400	374	3663	234
3600	396	3884	248

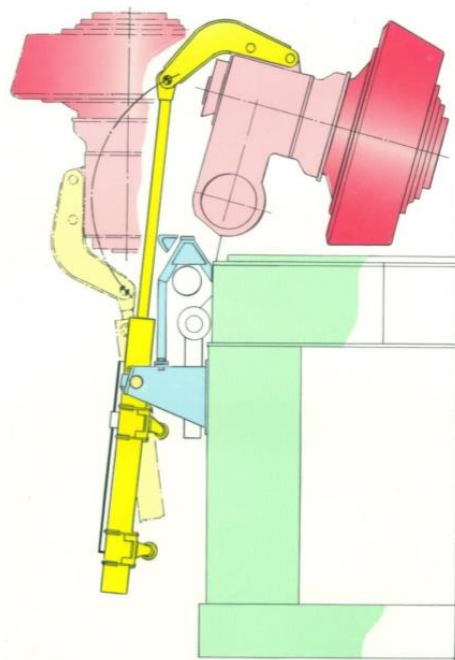
6.2 Telojen kääntösyinterit

Telojen kääntäminen ulos myllystä on yksi suurimmista työvaiheista telan kulu- tuspinnan vaihtotyössä. Kääntäminen toteutetaan kuvassa 12 näkyvällä myllyn mukana toimitetulla irtosylinterillä, sylintereitä on toimitettu vain yksi kappale ja teloja myllyssä on kaksi.

Yhtenä kehityskohteista oli huollon suoritusajan lyhentäminen. Kun sylintereitä hankitaan toinen kappale, molemmat telat saadaan käännettyä ulos samanaikai- sesti. Kun molemmat telat ovat käännettynä ulos, myllyn ahtaita sisäosia voidaan samanaikaisesti kunnostaa toisen työryhmän toimesta ja kaksi erillistä työryhmää keskittyvät myllyn ulkopuolella telojen vaihtotyöhön.

Tällä hetkellä myllyn sisäosien kunnostaminen on työstä toisen telan ollessa jatkuvasti edessä, esimerkiksi telineiden rakentamisen osalta. Lisäksi telineitä ja töitä joudutaan siirtämään puolelta toiselle telojen vaihtotyön edetessä. Mielel- täni toisen sylinterin hankinnalla helpotetaan ja nopeutetaan töiden etenemistä huomattavasti.

Sylinteristä pyydettiin tarjoukset ja hankinta toteutettiin kyselyn perusteella. Sy- linterin hankintakustannus oli noin 10 000 euroa.



Kuva 12. Kääntösyinterin toimintaperiaate

6.3 Työtasojen muutokset

Myllyjen valmistajan toimittamat työtasot myllyjen ympärillä kuvassa 13 todettiin huoltotöiden tekemisen aikana liian ahtaaksi sekä epäkäytännöllisiksi. Eri työvaiheiden aikana myllyn ympärille joudutaan tekemään telineitä ja käyttämään kevytrakenteisia työtasoja, joista aiheutuu ylimääräistä työtä ja turvallisuusriskejä.



Kuva 13. Työtasot myllyn ympärillä

Työturvallisuuden kehittämiskohteena tasot suunnitellaan seuraavan huollon yhteydessä uudelleen, työtasot suunnitellaan yhteistyössä R-taso Oy:n suunnittelu- ja palvelun toimesta, jonka kanssa tehtaallamme on yhteistyösopimus.

R-tason kautta hankimme tasot ja kulkutiet täydellisenä palvelupakettina, johon kuuluu 3D-suunnittelu, valmistus ja asennus. R-taso toimittaa tasot SFS-EN ISO 14122 -standardin vaatimusten mukaisena, jolloin tiedämme tasojen olevan tarkoituksen mukaiset ja turvalliset. (R-taso 2010.)

6.4 Telojen korjaushitsaus

Murskaintelat kuluvat kahden vuoden korjausvälillä noin 50 mm (Kuva 14). Kuluminen ollessa näin voimakasta myllyjen jauhatusprosessi ei toimi koko huoltoväliä hyvällä tasolla. Prosessin toimintaa korjataksemme joudumme muuttamaan jauhatusprosessin säätöjä jatkuvasti sekä kalibroimaan teloja useasti. Näistä toimista huolimatta jauhatusprosessia ei saada kuluneilla teloilla toimimaan lähellekään täydellä teholla, joka aiheuttaa myllyjen käyntiasteen lisäämistä ja näin ollen muidenkin osien lisääntyvää kulumista.



Kuva 14. Kulunut ja hitsattu murskaintela

Masuunien tarvitsema hiilipöly on siten kustannustehokkainta jauhaa mahdollisimman lyhyellä myllyjen käyntiasteella, jolloin myllyjen ennakkohuoltoonkin jää enemmän aikaa jauhatusten välissä. Tähän ongelmaan pohdittiin ratkaisua, ja selvitysten jälkeen esille nousi telojen korjaushitsaus. Telojen korjaushitsausta selvitettiin yhteistyössä aikaisemman kulutusmateriaalitoimittajamme Impoinvest Oy:n kanssa. Heidän kautta löysimme saksalaisen Corodur GmbH:n, jolla oli referenssejä vastaavien telojen korjaushitsauksesta sekä laaja kokemus erilaisista teollisuuden hitsaus-sovelluksista.

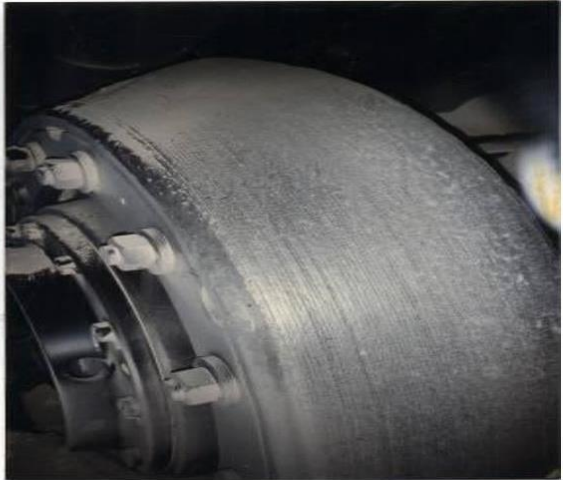
Korjaushitsaustyön hinnoittelu perustuu käytettävän lisäaineen menekkiin. Tässä kohteessa korjauksen arvioitu hinta oli noin puolet uusien valettujen telojen hinnasta. Kustannussäästö on merkittävä, kun samanaikaisesti hitsattujen telojen kulutuskestävyyteen luvataan 30-40 %:n kasvua. Varovaisen arvion mukaan säästö on kymmeniä tuhansia euroja, mikäli tulokset ovat luvattujen mukaisia.

Kuvassa 15 erään ovat myllyn telat 4000 käyttötunnin jälkeen. Vasemmalla valettu on alkuperäinen ja oikealla Vautid 100 lisäaineella hitsattu tela. Kulumiskestävyyden muutos on visuaalisesti arvioituna merkittävä.

Alkuperäinen Ni-Hard4



Pinnoitettu Vautid 100



Kuva 15. Telat 4000 käyttötunnin jälkeen (Floor 2017).

Telojen korjaushitsaus on vaativa prosessi materiaalien lämpökäsittelyjen vuoksi, onnistuneen korjauksen ehtona oli, ettei teloissa ole minkäänlaisia halkeamia. Ennen telojen lähetystä Saksaan teloille tehtiin NDT-tarkastus tunkeumanesteellä halkeamien löytämiseksi. Teloista ei löytynyt merkittäviä halkeamia, mutta telasta otetun näytepalan korjaaminen (Kuva 13. oikea alareuna) aiheuttaa 16 tunnin työn ennen varsinaisen korjaushitsaustyön aloittamista. Jatkoa ajatellen teloista ei kannata ottaa näytepalaa, jos ei ole välttämätön tarve.

Hitsauksessa käytetään lisäaineena Corodur 55 Mo täytelankaa. 55 Mo lisäaineella hitsattu materiaali sisältää noin 5% hiiltä ja on kromilla, molybdeenilla ja piillä seostettu (Taulukko 5.). Materiaalin kerrotaan kestävän erittäin hyvin hankaavaa mineraalista kulutusta ja lämpöä (Corodur 2017).

Taulukko 5. Hitsatun materiaalin koostumus (Corodur 2017).

TYPICAL ALL WELD METAL ANALYSIS (%):

C	Si	Mn	Cr	Mo
5,0	1,7	0,4	27,0	1,2

6.5 Luokittimen kuluminen

Jatkuvan kaasuvirtausten mukana kulkevan hiilipölyn aiheuttamana myllyjen sisäosat joutuvat eroosio-, ja abrasiivisenkulumisen kohteeksi. Erityisesti luokittimen kotelon kuvassa 16 sekä raekartion osalta on havaittu, että kulumisen suojaus ei ole riittävä. Molemmat osat on valmistettu tavallisesta rakenneteräksestä, jossa ei ole tämän tyyppiseen kulumiseen riittävää kovuutta.



Kuva 16. Luokittimen kotelon kuluminen ja Hardox-korjauspala

Molemmissa kohteissa on suoritettu paksuusmittauksia, ja näiden perusteella on havaittu, että kulumispaikat ovat rajoittuneet pienelle alueelle. Kehitysideana näihin suosittelin materiaalin vaihdosta. Kohteisiin tehtäviin korjausosiin vaihdettiin materiaaliksi kulutusteräs esimerkiksi SSAB:n Hardox 400.

Pitkäaikaisten kokemusten mukaan kohteesta riippuen, käyttämällä normaali rakenneteräksen sijaan kulutusteräksiä, rakenteen kestoikä jopa kolminkertaistuu. Tässä kohteessa molemmat osat voidaan korvata kulutusteräksestä tehdyin osin. Muodon, hitsattavuuden ja valmistettavuuden osalta tässä ei ole rajoittavia tekijöitä. (SSAB 2017)

Kuvassa 17 on tehtaan oman korjaamon valmistama raekartion korjausosa Raex AR400 kulutuslevystä valmistettuna. Suunniteltaessa kartion korjauspala haasteena oli, ettei myllyn sisälle päässyt mitoittamaan kartion kuluneen alueen paksuutta, jolloin myös oli epäselvää, miten korkeasti kartiota kannattaa vaihtaa. Lopputuloksena päätin teettää reilun kokoisen korjauspalan. Mahdollisesti tässä

vaihtuu reilustikin yli kuluneen alueen uutta terästä, mutta arvioni mukaan se ei lisää työn määrää vaihdossa merkittävästi. Eniten lisätyötä aiheuttaa kasvanut varaosan paino vaihtokartiota paikoilleen asennettaessa sekä muutamia senttejä lisää hitsisaumaa liitokseen.

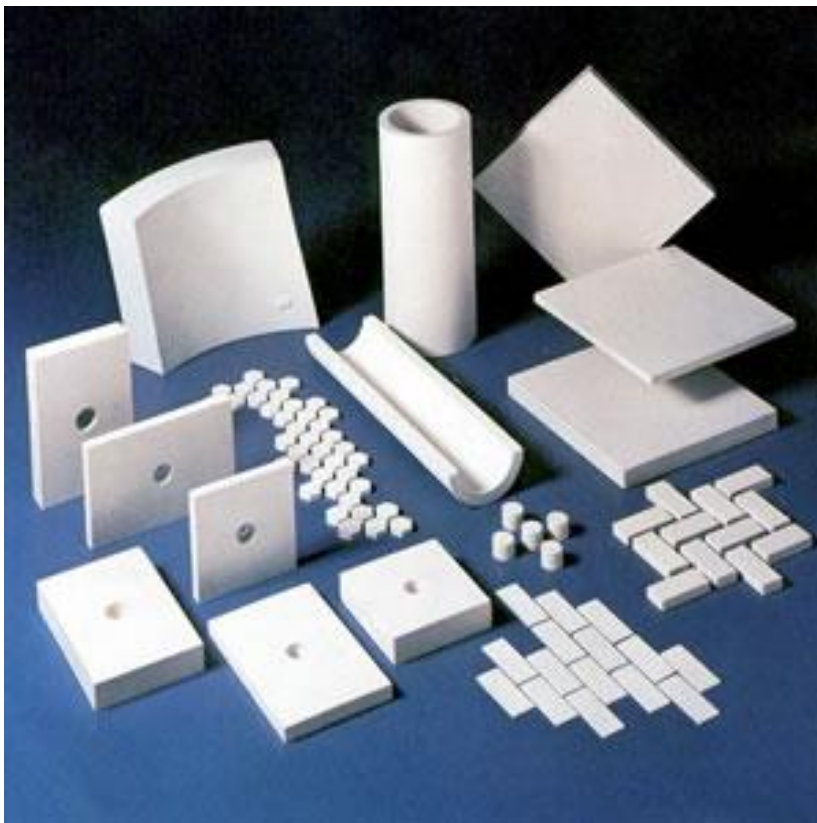
Kartion työpiirustukset tehtiin Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmistolla. Piirustus- ja suunnitteluvaiheet olivat nopea työvaihe, ja kartion valmistuksessakaan ei ollut mitään ongelmia. Kartion valmistukseen saa Inventorista helposti levityskuvan, jolla tehtiin leikkausrata polttokoneelle. Kun sopivan mallinen levy oli poltettu, levynpäätt särmättiin sopivaan muotoon, jonka jälkeen kartio mankeloitiin ja hitsattiin valmiiksi. Kartion korjauspala asennetaan seuraavassa vuosihuollossa paikoilleen. Jos asennusvaiheessa tulee ongelmia tai havaitaan muutostarpeita, ne voidaan huomioida seuraavan korjauspalan valmistuksessa, ja lopulliset piirustukset piirretään ja dokumentoidaan muutosten jälkeen.



Kuva 17. Raekartion korjauspala asennusvalmiina.

Raekartion osalta kulumisen suojaus pinnoitteita käyttämällä ei ole kovin helposti toteutettavissa, koska kulumista tapahtuu molemmilta puolilta teräslevyä, ja materiaalin kasvanut vahvuus muuttaisi materiaalien virtauksia myllyssä. Raekartion alaosaan voisi jatkossa harkita vaihtopalan suunnittelua esimerkiksi pulttiliitoksella toteutettavaksi. Tässäkin tulee mahdollinen uusi kulutuksen kohteeksi joutuva laippaliitos, jonka toteutus tulee harkita tarkasti.

Luokittimen kotelon osalta kannattaa arvioida kotelon pinnoittamista sisäpuolelta esimerkiksi alumiinioksidilaatoituksella (Kuva 18). Tämä työ vaatii luokittimen irtottamisen ja on mahdollista suorittaa siinä vaiheessa, kun roottorin vaihto tulee ajankohtaiseksi. Keraameja on saatavissa monessa eri muodossa ja paksuuk-
sina varastotoimituksenakin (Kalenborn 2017), mutta keraamilaatitukset on myös mahdollista räätälöidä kohteen mitoituksen mukaan. Mittojen mukaan valmistettavat keraamit leikataan sopivaan mittaan ennen lopullista kovettamiskuumennusta, jolloin välttyään erittäin työläiltä leikkuilta asennusvaiheessa (Floor 2018).



Kuva 18. Kalocer alumiinioksidikeraameja (Kalenborn 2017)

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön suunnittelu lähti hiilimylyjen toimittajan toteamuksesta: ”Riippuen maasta, missä telojen vaihtohuolto tehdään, siinä kestää kahdesta päivästä kahteen viikkoon”. Hiilimylyjen huollon pituudella on merkittävä vaikutus masuunien tuotantoon, joten luonnollisesti aloimme miettimään kehityskohteita huollon tehostamiseksi. Tämän opinnäytetyön tulokset ovat hyvä alku kehitykselle, joka jatkuu tästä eteenpäin jokaisessa huollossa saatujen kokemusten perusteella. Aikataulutavoitteet ovat kunnossapitäjien kannalta hieman ristiriitaisia, sillä työt kestävät yleensä niin kauan kuin niille annetaan aikaa. Toisaalta olisi hienoa tehdä huollot kiireettömästi ja laittaa laitteet mahdollisimman hyvään kuntoon ilman kompromisseja. Joudumme kuitenkin aina muistamaan, että toimeentulo meille kaikille tulee myydyistä terästuotteista.

Tätä kirjoittaessani suunnittelemme parhaillaan seuraavaa myllyjen huolto-
seisakkia. Tässä vaiheessa jo huomaan, että suunnittelutyö on paljon helpompaa, kun asiaan on perehtynyt, toimintaa on etukäteen valmisteltu ja on olemassa valmiit suunnitelmat. Opinnäytetyössä esiintyviä kehityskohteita on viety eteenpäin ja suurin osa toteutetaan tässä huoltoseisakissa. Kehityskohteiden toimivuus tulee esille seuraavan kahden vuoden aikana. Kokemuksen perusteella voidaan todeta laitteiden kunnossapidettävyyden kehityksen olevan pitkäjänteistä työtä, jossa voidaan joskus mennä myös ojasta allikkoon. Monesti on huomattu yhden ongelman ratkeamisen myötä ongelman siirtyvän toiseen kohteeseen.

PCI-laitos on erityisen mielenkiintoinen siksi, että se on kokonaan uusi laitos. Tuo mielenkiintoa päästä näkemään laitoksen elinkaarta sekä olla kehittämässä laitosta alusta asti. Tässä on myös huomattu, etteivät laitteet ole vuosikymmenien kokemuksesta huolimatta laitetoimittajien osalta hioutuneet valmiiksi vaan ovat usein ehkä taloudellisten intressien ajamana kompromissien summa. Omalla tavallaan tuo mielihyvää, kun päästään kehittämään parempia ratkaisuja laitetoimittajien tekemiin kompromisseihin.

Opinnäytetyössä esiintyvien turvallisuuden ja työtapojen kehityksessä on tärkeää muistaa, etteivät ne tule koskaan valmiiksi vaan niiltä osin pitää olla jatkuvan parantamisen kulttuuri ja huolehtia, ettei kehitys pysähdy. Tämä työllistääkin nykyään kunnossapidon henkilöstöä jopa enemmän kuin itse laitteiden huoltojen suunnittelu. Toisaalta on niinkin, että kun työturvallisuuteen ja työmenetelmien kehitykseen panostetaan, kehittyy siinä samalla myös laitteiden kunnossapidettävyyttä.

Opinnäytetyön tekeminen oli tekniseltä osin helppoa kahden vuosikymmenen kunnossapitokokemuksen ansiosta, mutta työpäivien jälkeen motivaation ja ajan löytäminen asian kirjoittamiseen, jota päivittäin muutenkin työssään tekee, oli toisinaan työlästä löytää. Työstä on hyötyä päivittäisen työni tekemisessä. Opin paljon tiedon etsimisestä yhtiön sisäisistä järjestelmistä sekä erilaisten hankkeiden eteenpäin viemisestä. Sain työstä hyvää oppimiskokemusta monelta alueelta. Erityisesti jäi mieleen työohjeiden tekeminen, siitä saatu oppi auttaa vastaavissa tilanteissa, joita varmasti työssäni kohtaan.

LÄHTEET

Coaltech 2017. PCI- Impact of Blast Furnace Operation Viitattu 6.1.2018
<http://www.coaltech.com.au/PCI-ImpactofBlastFurnaceOperation.html>.

Corodur Fülldraht GmbH 2017. Abrasion resistant applications. Viitattu 24.2.2018. <http://www.corodur.de/en/abrasion-resistant-applications/280-corodur-55-mo>.

ExxonMobil Finland Oy Ab, 2017. Mobilith SHC™ -sarja, Käyttöohje. Viitattu 20.11.2017. www.mobil.com/finnish-fi/grease/pds/glxxmobilith-shc-series.

Floor, J. 2017. Impoinvest Oy. Tuotepäällikön luento. Kulumisen suojaustuotteet. 16.01.2018.

Google 2018. Google maps karttapalvelu. Viitattu 10.1. 2018. www.google.fi/maps/@64.650469,24.4341079,14.3z?hl=fi.

Haitor 2014. Hytorc hydrauliset momenttiavaimet. Viitattu 3.3.2018. http://www.haitor.com/_files/Hytorc/Hytorc_esite_Haitor_2014.pdf. Haitor Oy. Helsinki.

JP Steel 2013. Pulverized Coal Injection (PCI) System for Blast Furnaces. Viitattu 13.1.2018. <https://steelplantech.com/en/product/pci/>.

Kalenborn 2017. Ceramic wear protection for plant components subject to extreme wear and temperature stresses. Viitattu 24.2.2018. <http://www.kalenborn.com/en-us/products/wear-protection-materials/kalocer/>.

Kvist, P. & Majuri, S. 2010. Kunnossapidon hiljainen tieto. Kemi-Tornion Ammatikorkeakoulu. Teknologiaosaamisen johtaminen. Opinnäytetyö (YAMK).

Loesche GmbH. 2017. Loesche services. Viitattu 20.2.2018. <https://service.loesche.com/serviceportal/en/service>.

Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Helsinki. KP-Media OY 2009.

Moventas GmbH. 2014. Pystyjauhinmyllyn vaihde. Käyttö- ja huoltoohje. 18.12.2014.

Nousiainen, T. 2017. Ykkösmasuunin remontti vuodelle 2019 varmistui. Lehtiarikkeli. Raahen Seutu. Julkaistu 25.10.2017

Opetushallitus. 2010. Kunnossapito menestystekijä. Viitattu 16.3.2018. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>

Pargar, F 2017. Resource optimization techniques in scheduling. Applications to production and maintenance systems. University of Oulu. Graduate school. Faculty of technology. Väitöskirja.

R-Taso. 2010. Yrityksen www-sivut. Viitattu 3.3.2018. <http://www.r-taso.fi/yritys/>.

Ruoppa, R. 2017. Murskankehien analyysi. Sähköposti esa.myllymaki@ssab.fi 12.9.2017

Sew eurodrive GmbH&Co. 2006. Vaihteet ja vaihdemoottorit. Käsikirja. Julkaistu 7/2006. Saksa

Sipola, T. 2015. Suomen ainoat masuunit siirtyvät hiiliaikaan 2015. Viitattu 13.1.2017 <https://yle.fi/uutiset/3-8223777>.

SSAB 2016. SSAB Intranet. Sisäinen esittelymateriaali. Viitattu 13.1.2018 <https://intranet.ssab.com/content/about/Pages/ssabone.fi.aspx?Redirect=false>.

SSAB 2017a. Tuotantopaikkakunnat Suomessa Viitattu 13.1.2018. <http://www.ssab.fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/production-sites-in-finland/raahe>

SSAB 2017b. Tuotteet. Hardox 400. Viitattu 10.2.2018 <http://www.ssab.fi/tuotteet/brandit/hardox/tuotteet/hardox-400>

SSAB 2018. Raahen tehtaan kunnossapitostrategia 2018-2020. Sisäinen dokumentti. Viitattu 1.1.2018

Thiel, J-P. 2015. Hiilimyly lähiopetus. SSAB:n sisäinen koulutusmateriaali. Claudius Peters Projects GmbH.

Tuomola, S. 1997. Valuraudan hitsaus. Kunnossapitokoulu n: o 42. Kunnossapitolehti 8/1997

Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738

Westerholm, G. & Komonen, K. 2016. Kunnossapito liiketoiminnan osana. Lehtiartikkeli. Promaint. Julkaistu 15.4.2016.

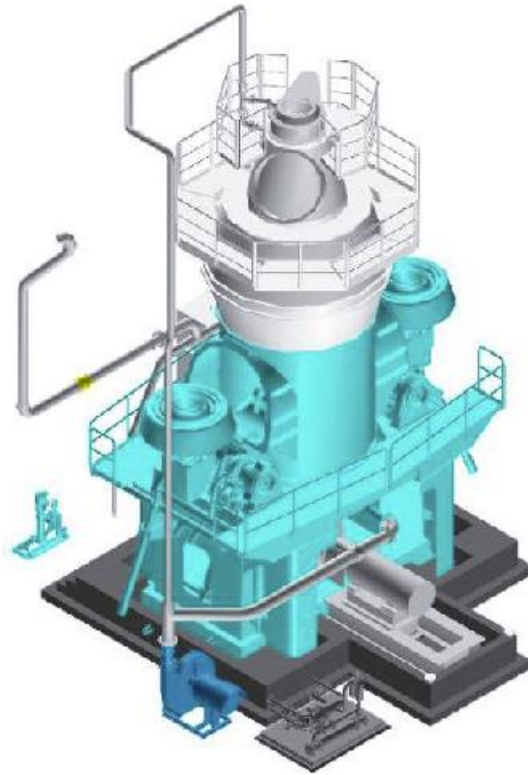
Väisänen, P. 2007. Teräs perustietoa arkkitehtipiskelijälle. TKK Arkkitehtiosasto Rakennusoppi.

LIITTEET

Liite 1. Hiilimylyn telojen vaihto. Työohje.

Liite 1.

SSAB



Hiilimylyn telojen vaihto

TYÖOHJE