

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikka, Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Olli-Pekka Innanen

KAUKAAN SELLUTEHTAAN HYDRAULIJÄRJES- TELMIEN KUNTOKARTOITUS JA KEHITYSEHDO- TUKSET

Opinnäytetyö 2009

TIIVISTELMÄ

Olli-Pekka Innanen

Kaukaan Sellutehtaan hydraulijärjestelmien kuntokartoitus ja kehitysehdotukset,
41 sivua 6 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantotekniikan ja kunnossapidon suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2009

Ohjaajat: Lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan Ammattikorkeakoulu; Kunnossapito-
päällikkö Tero Junkkari, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

Työn aiheena on tehdä kuntokartoitus Kaukaan Sellutehtaan hydraulilaitteiden nykytilasta, tarkastella laitteistot ja tehdä ehdotukset määräaikaisesti suoritettaviksi ennakkohuolloiksi. Löytyneiden tietojen pohjalta laaditaan kehityssuunnitelma. Tarkoituksena ei ole työn laajuuden takia perehtyä syvällisesti kaikkien järjestelmien toimintaan tai esimerkiksi suodatustekniikkaan. Tärkeänä osana projektissa on laitteistojen käyttövarmuuden parantaminen, johon pyritään riittävällä ennakkohuollolla ja tarkastuksilla. Osa hydraulilaitteista on kriittisiä, ja ne voivat aiheuttaa suunnitelmattomia seisokkeja, joita pyritään välttämään.

Hydraulikoneikkojen tiedot etsittiin Impower-tietojärjestelmästä, ProjectWise-dokumentin hallintajärjestelmästä ja erillisistä lähteistä, joihin niitä on voitu tallentaa. Kirjallisia tietoja verrattiin laitoskierroksella laitteiden tietoihin ja tarkistettiin paikkaansapitävyys sekä haastateltiin laitosmiehiä. Koneikkoja tarkasteltiin myös silmämääräisesti kunnoltaan ja mahdollisen huoltohistorian pohjalta.

Työn suorittamiseen sisältyivät haastattelut laitosmiesten kanssa ja jokaisen koneikon tarkastelu paikan päällä. Samalla tarkistettiin muun muassa piirustusten paikkaansapitävyys ja laitenumeroiden oikeellisuus järjestelmän kanssa. Löydetyt tiedot koottiin Excel-taulukkoon laitekortteihin, jossa ne löytyvät yhdestä paikasta.

Työn loppupuolella tehtiin projektista yhteenveto, jossa päätettiin löytyneiden tietojen perusteella jatkotoimenpiteet. Kriittisimmistä vioista tein häiriöilmoitukset, jotka lähtivät alueiden työsuunnittelijoille. Pienemmät viat ja huomautukset jäivät raportin yhteenvetoon ja ne huomioidaan tulevaisuudessa seisokkien työsuunnittelussa. Myös ehdotukset määräaikaisesti suoritettaviksi ennakkohuoltoiksi tehtiin. Tarkempi tarkastelu suoritettiin soodakattilalaitoksen höyryverkon reduktioventtiileitä käyttävälle hydraulikoneikolle, jolle laadittiin myös uusintasuunnitelma.

Asiasanat: hydraulikka, ennakkohuolto, kuntokartoitus

ABSTRACT

Olli-Pekka Innanen

Condition inspection and development suggestions of the hydraulic systems at Kaukas Pulp Mill

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta
Technology, Mechanical and manufacturing technology
Manufacturing engineering and maintenance
Thesis, 2009

Instructors: Mr. Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Tero Junkkari, Maintenance Manager, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

The purpose of the thesis was to make a condition inspection of the hydraulic systems for UPM-Kymmene Kaukas Pulp Mill, and make suggestions for hydraulics preventive maintenance in future. There were in all 73 hydraulic systems at the pulp mill, which contained at least a hydraulic pump, electric motor, tank and equipment, and at least one operating device, such as a hydraulic cylinder. One of the main points in the work is to improve the dependability on hydraulics systems because many of them use critical appliances. Because of a works extension, there wasn't any purpose to take a deeper look in every hydraulic system or for example in the filtering technique. Further inspection was performed to the recovery boiler-plant steam reduction valve, operated by hydraulics. After an inspection a plan was created to renew the hydraulic machinery.

The condition inspection contained a physical checkout of hydraulic systems, where every system was inspected individually. The correctness of the drawings and currently performed maintenance activities were examined. Existing information was explored by means of Impower maintenance management system and Projectwise document management system. Also maintenance personnel was interviewed.

Gathered information and suggestions were reported on, containing device cards and summary. The device cards contain detailed information about the system, a photograph and suggestions to maintenance works. The report can be used in planning maintenance and storing detailed information in one place. During the project, several defects and observations were found and which were reported forward.

Keywords: Hydraulics, preventive maintenance, condition inspection

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
1.1 Työn tausta	6
1.2 Aiheen esittely	6
1.3 Työn aiheen rajaus	7
2 TYÖPAIKAN ESITTELY	8
2.1 UPM-Kymmene Oyj	8
2.2 Kaukaan sellutehdas	8
3 HYDRAULIJÄRJESTELMÄT	9
3.1 Hydraulijärjestelmien määritelmä	9
3.2 Kaukaan sellutehtaan hydraulijärjestelmät.....	10
3.3 Laitteiden kriittisyys.....	12
4 KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA	14
4.1 Kunnossapidon merkitys.....	15
4.2 Kunnossapidon lajit.....	16
4.3 Kunnossapidon strategiat	18
4.4 Yksittäisten laitteiden kunnossapito ja -tason määrittäminen.....	21
5 HYDRAULIJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITO.....	23
5.1 Hydraulijärjestelmien korjaava kunnossapito	23
5.2 Hydraulijärjestelmien ennakkohoolto	24
5.2.1 Esimerkki määräaikaisesti tehtävästä huoltotyöstä.....	25
5.2.2 Turvallisuustekijät hydraulilaitteissa	26
6 PROJEKTIN SUORITUS	27
7 SOODAKATTILAN REDUKTIOVENTTIILEIDEN HYDRAULIKONEIKON UUSINTA	29
7.1 Soodakattilalaitoksen esittely	29
7.2 Soodakattilan reductioventtiilijärjestelmän toimintakuvaus	29
7.3 Nykyisen hydraulikoneikon kuvaus	31
7.3.1 Vika-vaikutusanalyysi.....	32
7.3.2 Nykyisin ilmenevät ongelmat	32
7.4 Kehitysehdotukset koneikolle.....	33
7.4.1 Ensimmäinen muutosehdotus.....	33
7.4.2 Toinen muutosehdotus	35
8 POHDINTAA	37
KUVAT	38
TAULUKOT	39
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1 Paikkanumerolista

Liite 2 Kaukaan tehdasalueen kartta

Liite 3 Esimerkkejä projektissa tehdyistä laitekorteista

Liite 4 Soodakattilalaitoksen esittely

Liite 5 Reduktioventtiileiden hydraulijärjestelmän vika- ja vaikutusanalyysi

Liite 6 Ehdotus reductioventtiileiden hydraulikoneikon uusimiseksi, hydraulikaavio

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Suoritin vuonna 2009 tutkintooni kuuluvaa projektiharjoittelua UPM-Kymmenen Kaukaan tehtaille yhteensä 16 viikkoa kahdessa eri jaksossa, ja ajatus hydraulijärjestelmien kuntokartoituksesta ja sen kehittamisestä tuli mieleen harjoittelustani vastaavan kehitysinsinööri Tuomo Kotinevan kanssa keskustellessa. Erilaiset kunnossapidon ennakko- ja määräaikaistyöt tulivat tutuiksi projektiharjoittelun aikana, ja hydraulikoneikoille niiden kartoittaminen ja kehittäminen tuntui mielenkiintoiselta. Hydraulikoneista ei Kaukaan sellutehtaalla ole tehty muutamiin vuosiin opinnäytetyötä, joten työ todennäköisesti sattuu sopivaan kohtaan. Tutkintoomme ei kuulu kuin yksittäinen kurssi hydraulikoneita, joten katson tämän työn hyväksi tilaisuudeksi perehtyä aiheeseen tarkemmin aiemman käytännön oppimisen lisäksi. Kaikkiaan hydraulikoneita sisältää niin runsaasti asiaa, ettei opinnäytetyön laajuudessa työssäkään ehdi kovin paljon käsitellä näin laajasta aihepiiristä. Työtä suorittaessa perehdyin myös runsaasti kirjalliseen materiaaliin ja julkaisuihin.

1.2 Aiheen esittely

Työn tavoitteena on tehdä UPM-Kymmenen Kaukaan sellutehtaan hydraulijärjestelmille kuntokartoitus, jossa selvitetään hydraulilaitteiden nykyinen kunto, niihin liittyvät määräaikaistyöt, varastossa olevat varaosat sekä järjestelmistä löytyvät huolto-ohjeet ja piirustukset. Hydraulijärjestelmiä tarkastellaan niiden käyttövarmuuden kannalta, joten laitteistojen kriittisyysluokitus huomioidaan. Lopputuloksena on tarkoitus saada jokaiselle laitteelle tarkastukset määräaikaistöihin järjestelmään, öljynvaihdot sekä mahdolliset määräaikaistöihin vaihdot osille kriittisyyden mukaan. Koneikoille on tarkoituksena saada myös viikkokierrokset, joita laitostiehen suorittavat ja tarkastavat erillisen listan mukaiset asiat. Öljyn ja öljynsuodattimien vaihtoon kiinnitän erityistä huomiota sillä öljy on hydraulilaitteissa tärkein yksittäi-

nen osa, oikein suodatettuna ja toimivana se kestää vuosikausia. Jos vaihtoja joudutaan suorittamaan turhan takia, tulee turhia kustannuksia, vaikka jotkin öljyjen vastaanottajat ovat alkaneet maksaa kirkkaista öljyistä. Myös koneikkojen piirustusten ja kaavioiden ajanmukaisuuteen perehdytään. Kaikkien hydraulikkakoneikkojen tutkimisen jälkeen keskityn soodakattilan höyryputkiston reduktio- eli paineenalennusventtiileihin ja niiden hydraulikoneikon uusimisen suunnitteluun. Tarkoituksena ei ole tutustua syvällisesti kaikkien järjestelmien toimintaan ja tarkempaan suodatustekniikkaan aiheen rajauksen takia.

1.3 Työn aiheen rajaus

Työn alueeksi on suunniteltu käydä läpi Kaukaan sellutehtaan kaikki hydraulijärjestelmät. Ne sijaitsevat sellupuun kuorimolla, 22-pesemöllä ja lisämassalaitoksella, kuivauskone 1:llä ja 4:llä, lietteenkäsittelyssä, uudella keittämöllä, soodakattilalla, kaustistamo- ja meesaosastolla, kuorikattilalaitoksella ja maakaasulaitoksella. Lista paikoista löytyy liitteestä 1. Paperitehtaalta löytyy omat hydraulilaitteensa, mutta ne eivät sisälly tähän työhön laajuuden takia, lukuun ottamatta kahta hydraulikoneikkoa, jotka sijaitsevat fyysisesti sellutehtaan alueella mutta ovat paperitehtaan laite numeroilla. Hydraulikoneikkoja löytyy omilla paikkanumeroilla 73, kappaletta joista jokaiselle tehdään oma tarkastelu. Todellisuudessa toimilaitteita on 94 kappaletta, koska joillain paikkanumeroilla on useampia toimilaitteita samalla paikkanumerolla. Lopuksi teen yhdelle koneikolle tarkemman tarkastelun ja suunnitelman koneikon mahdolliseksi uusimiseksi.

2 TYÖPAIKAN ESITTELY

2.1 UPM-Kymmene Oyj

Opinnäytetyön suorituspaikkana on Kaukaan sellutehdas, joka kuuluu UPM-Kymmene konserniin. Yhtiöllä on tuotantolaitoksia 14 maassa ja palveluksessa noin 24 000 henkilöä. Liiketoiminta jakaantuu kolmeen ryhmään: Energia ja sellu, Paperi sekä Tekniset materiaalit. UPM-Kymmenen juuret ulottuvat Suomessa jo 1800-luvulle. Suomessa UPM:llä on toiminnassa Kaukaan sellutehtaan lisäksi kaksi muuta sellutehdasta, jotka ovat Raumalla ja Kuusankoskella.

(UPM-Kymmene intranet, UPM lyhyesti.)

2.2 Kaukaan sellutehdas

UPM-Kymmenen Kaukaan sellutehdas sijaitsee Lappeenrannassa, Lauritsalan kaupunginosassa. Sen kaksi linjaa valmistavat vuodessa sulfaattisellua noin 720 000 tonnia, josta suurin osa pumpataan kuivaamattomana selluna suoraan Kaukaan paperitehtaan käyttöön ja loput kuivataan kahdella kuivauskoneella. Toinen linjoista valmistaa koivusellua ja toinen armeerausmassaa mäntykuitupuusta ja sahalakkeesta.

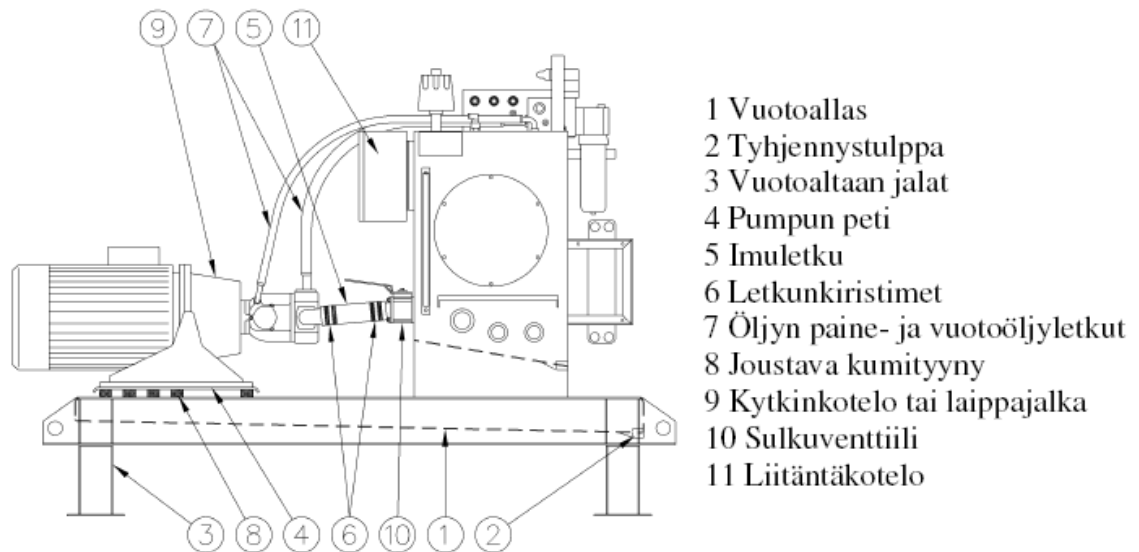
Sellua Kaukaan tehtailla on valmistettu vuodesta 1897, ja nykyinen uudistettu sellutehdas on toiminut vuodesta 1996. Henkilöstöä Kaukaalla on yhteensä 870 henkeä, joista sellutehtaalla työskentelee 180 henkeä. Paperitehtaalla on yhteensä 400, tehdaspalvelussa 260 ja hallinnossa 30 henkeä. Koko tehdasalue työllistää noin 1600 henkilöä, mukaan luettuna kuuluvat sahan ja vaneritehtaan henkilökunta, ja lisäksi on Kaukaan voiman voimalaitoksen projektihenkilöstö. Liitteessä 2 on Kaukaan tehdasalueen kartta, jossa paikat näkyvät pääpiirteittäin.

(UPM Kaukaan tehtaat yleisesittely 3/2009 ja Toiminta Kaukaan tehdasalueella)

3 HYDRAULIJÄRJESTELMÄT

3.1 Hydraulijärjestelmien määritelmä

Hydraulijärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa käytettävä neste paineistetaan pumpulla, siirretään kohteeseen letkuilla tai putkilla, ja käytetään toimilaitetta, joka voi olla esimerkiksi nestemootori tai hydraulisylinteri. Hydraulikoneikon yleinen rakenne näkyy kuvasta 3.1.



Kuva 3.1 Hydraulikoneikon yleinen rakenne (UPM tekniset standardit 1.5.2008)

Tehon siirto tapahtuu paineen ja tilavuusvirran avulla, jolloin saavutetaan parempi joustavuus ja tehoteho kuin mekaanisilla menetelmillä, mutta kokonaishyötysuhde jää heikommaksi tehonhäviöistä johtuen. Hydraulijärjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen perusluokkaan: suljetut ja avoimet järjestelmät. Näiden yhdistelmää kutsutaan puoliavoimeksi järjestelmäksi ja ne sisältävät molempien järjestelmien piirteitä.

Avoimessa järjestelmässä on suuri nestesäiliö, josta neste imetään pumpulla ja johon se palaa toimilaitteilta takaisin. Hydraulipumppu tuottaa tilavuusvirtaa järjestelmään, ja toimilaitteiden ohjaus tapahtuu esimerkiksi suuntaventtiileillä. Nesteen

määrä vaihtelee säiliössä toimilaitteiden tilan mukaan, esimerkiksi hydraulisylinterien työliikkeen aikana.

Suljettuja järjestelmiä käytetään tyypillisesti moottorikäytöissä. Ero avoimeen järjestelmään on se, että suljetussa järjestelmässä ei käytetä suurta nestevarastoa vaan toimilaitteilta palaavaa nestettä johdetaan takaisin pumpun imupuolelle. Järjestelmän vuotojen ja jäähtymisen vuoksi tarvitaan kuitenkin pieni nestesäiliö ja syöttöpumppu. Useimmiten pääpumpuna on kaksisuuntainen säätötilavuuspumppu, jolla saadaan säädettyä toimilaitteen liikesuunta ja -nopeus.

Hydraulijärjestelmille on UPM-Kymmeneen tehtailla laadittu oma tekninen standardi, jonka mukaan uudet järjestelmät täytyy suunnitella. Standardi määrittää tarkkaan muun muassa käytettävän koneikon ominaisuudet, putkiston ja letkujen vaatimukset sekä vaadittavat dokumentit ja toimintakuvaukset.

3.2 Kaukaan sellutehtaan hydraulijärjestelmät

Kaukaalla on työssäni rajatulla alueella käytössä 73 kappaletta hydraulijärjestelmiä, joiden perusrakenteeseen kuuluu koneikko, putkisto ja letkut sekä käytettävät toimilaitteet. Koneikko sisältää sähkömoottorin, pumpun, säiliön ja varusteet, joista käytetään lyhennettä P+S+V. Toimilaitteita ovat esimerkiksi hydraulisylinterit ja -moottorit. Muutamissa koneikoissa venttiilipaneelit ovat eriteltyinä omille laitenumeroilleen ja ne voivat sijaita toimilaitteista erillään. Jokainen hydraulijärjestelmä (P+S+V) on paikkanumeroitu, ja osalla laitteista kuten joillakin pumpuilla ja isoilla nestemoottoreilla on yksilöivä laitenumero.

Järeimmät hydraulilaitteet ovat keittämöllä DD-pesureissa (Drum Displacer), joita Hägglundin Marathon nestemoottorit pyörittävät (kuva 3.2). Moottoreita on käytössä kolmea eri kokoa käyttökohteen mukaan. Myös kuorimolla käytetään nestemoottoreita sulatuskuljettimilla, jotka kuljettavat puuta kuorintaan.

Osa tarkastelluista hydraulilaitteista poistetaan lähiaikoina käytöstä, koska vanhaa kuorikattilalaitosta ei enää käytetä pitkään. Työn suorituksessa tämä huomioitiin,

eikä niiden osalta enää ajateltu määräaikaistöitä tai piirustusten paikkaansa pitävyyttä vaan lähinnä mahdollisuuksia hyödyntää koneikko uudelleen jossain muualla.



Kuva 3.2 Marathon MB-800-nestemoottori käyttää DD-pesuria

Kuvassa 3.3 on Hägglundin suljetun järjestelmän hydraulikoneikko, joka ohjaa kah-ta Marathon MB-800-nestemoottoria.



Kuva 3.3 Hägglunds Denison-hydraulikoneikko, joka käyttää nestemoottoreita

Koneikko on suojattu oman kaapin sisään, jossa se ei ole alttiina esimerkiksi tehdashallin pesusta tuleville roiskevesille tai lialle. Samantyyppisiä koneikkoja on käytössä yhteensä kahdeksan kappaletta.

3.3 Laitteiden kriittisyys

Kaukaan sellutehtaan prosessilaitteille on tehty vuonna 2008 kriittisyystarkastelu, johon myös hydraulikoneikot sisältyivät. Laittepaikat on jaoteltu kokonaistuotantoon, laatuun ja turvallisuuteen vaikuttavien seikkojen perusteella viiteen eri luokkaan, jotka näkyvät kuvassa 3.4.

Toimintopaikkojen tärkeysluokitukset



1. Kriittinen = A (prosessi/vaara)

Laitteet, järjestelmät ja komponentit mitkä voivat aiheuttaa turvallisuusriskin tai merkittävän ympäristön / taloudellisen riskin, tai niiden toimintahäiriöstä tai konerikosta voi aiheutua koko tuotantolinjan seisokki (tuotanto seis) tai vaikuttaa kokonaistuotantoon.

2. Tärkeä = B (osittainen häiriö)

Laitteet, järjestelmät ja komponentit mitkä voivat aiheuttaa osittaisen tuotantoprosessin seisokin johtuen niiden toimintahäiriöstä tai konerikosta sekä pidempään kestävästä häiriöstä aiheuttaa koko tuotantolinjan seisokin tai aiheuttaa ympäristöriskin. Tämä koskee myös varalaitteita sekä varajärjestelmiä jotka voivat vähentää tuotantomäärää tai huonontaa laatua.

3. Korvattavissa = C

Laitteet, järjestelmät ja komponentit mitkä voidaan korvata varayksiköllä tai toisella tuotantolinjalla ilman tuotanto tai laatu tappioita.

4. Ei kriittinen = D

Laitteet, järjestelmät ja komponentit mitkä eivät aiheuta ongelmia tuotantoon. Yleisesti apulaitteistot ja -välineet kuuluvat tähän luokkaan.

5. Luokittelematon = E

Tehdas- ja laitostason paikat, paikat jolla ei ole fyysistä laitetta

UPM

3

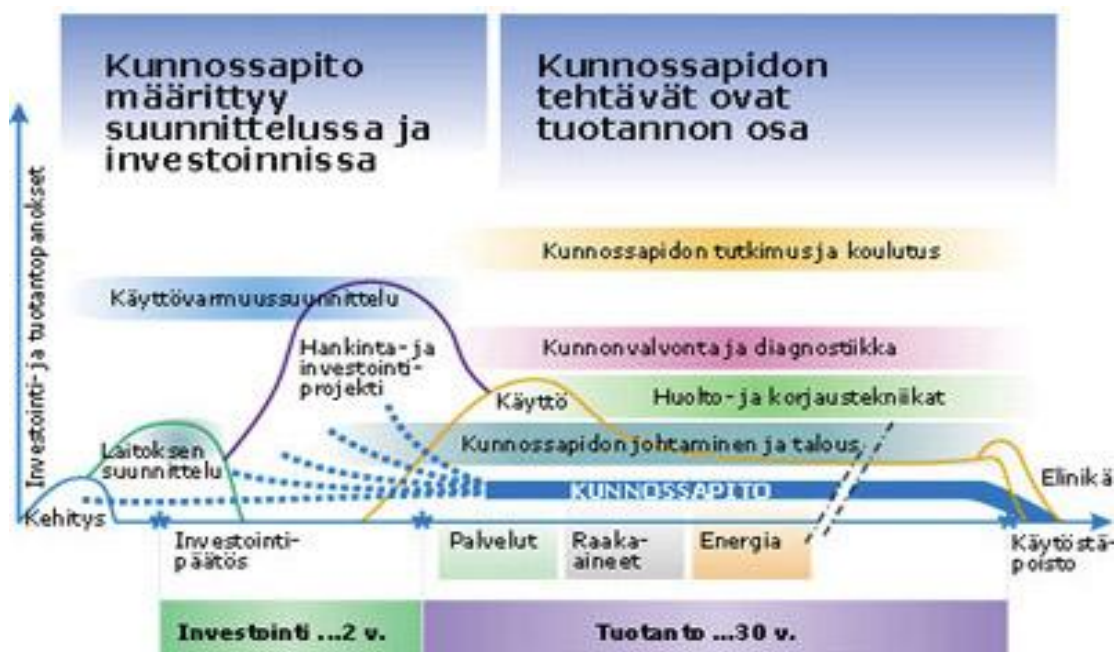
Kuva 3.4 Toimintopaikkojen tärkeysluokitukset (UPM SAP-tukimateriaali)

Luokkia ovat A, B, C, D ja E, joista A on kriittisin. Työssä kiinnitän huomiota hydraulikoneikkojen varaosiin ja määräaikaishuoltoihin juuri kriittisyyden osalta. Kriittisintä luokkaa olevia laitteita on kolme kappaletta, joista yksi soodakattilalla ja loput kaksi meesauunilla. Suurin osa laitteista oli luokkaa B, ja muutamia laitteita oli C-luokassa, lähinnä kyseessä on tuotantoon suoraan vaikuttamattomia laitteita. Lisäksi yksittäisiä laitteita oli alemmissa luokissa, kuten esimerkiksi junanvaunuja siirtävät vaunuvintturit.

4 KUNNOSSAPITO TEOLLISUUDESSA

Kunnossapidolla tarkoitetaan toimia, joilla pyritään huolehtimaan koneiden, laitteiden ja rakennusten kunnosta jotta tuotanto voi tapahtua olosuhteissa, jotka ovat edullisimmat nettotuottojen, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta. Lyhyesti sanottuna kunnossapito on tekniikan terveydenhoitoa. Kunnossapito voidaan jakaa pääpiirteittäin kolmeen lajiin: korjaavaan, ennakoivaan, ja parantavaan kunnossapitoon.

Korjaavassa kunnossapidossa vika korjataan sen ilmaannuttua, ennakoivassa kunnossapidossa sen ilmaantumista pyritään ennakoimaan huollolla ja tarkastuksilla sekä välttämään koko vian mahdollisuutta. Parantavassa kunnossapidossa pyritään siihen, että vian toistuvuus saataisiin estettyä jatkossa.



Kuva 4.1 Kunnossapito laitoksen elinkaarella (Edunet:kunnossapito)

Kunnossapidon merkitys teollisuudessa on tänä päivänä erittäin merkittävä ja merkitys korostuu tulevaisuudessa vielä lisää. Kuvassa 4.1 on esitelty kunnossapidon osuutta ja tehtäviä tuotannossa ja investoinnissa, jolloin nähdään, että kunnossapidon pitäisi olla vähintään ajatuksena läsnä jo suunnitteluvaiheessa ja läpi laitteen elämänkaaren käytöstä poistoon asti.

4.1 Kunnossapidon merkitys

Kunnossapidon merkitys kasvaa tulevaisuudessa vieläkin enemmän, koska työturvallisuutta ja ympäristön suojelua korostetaan lisää. Kunnossapidon merkitys sekä jatkuvien että satunnaisten päästöjen rajoittamisessa on keskeinen. Hyvän esimerkin tarjoaa vanheneva auto, jonka päästöjä voidaan kunnossapidolla rajoittaa murto-osaan. On toisaalta huomattava, että kunnossapito itse on ongelmajätteiden tuottaja. Jätteiden syntyminen on toimintaa suunniteltaessa minimoitava ja huomioitava kierrätettävyys. Kierrätys ei kuitenkaan ole ongelmaton, vaan useimmiten uudelleenjalostaminen tuottaa jätettä ja vaatii uusia resursseja. Kunnossapidolla voidaan tuotantohyödykkeiden käyttöaikaa pidentää ja kierrätyksen tarvetta vähentää. Ympäristökysymyksissä kunnossapito on useimmiten kierrätystä edullisempaa. Myös investointeja pyritään lykkäämään tehostamalla kunnossapitoa ja pidentämällä näin käyttöikää tai muuttamalla konetta.

Työtapaturmista suuri osa aiheutuu viallisista laitteista. Laitteet on kunnossapidon avulla pidettävä turvallisen työskentelyn edellyttämässä kunnossa. Vain ani harvat kohteet ovat riskittömiä työturvallisuuden suhteen. Hyvin toteutettu kunnossapito on yksi työturvallisuuden perusedellytys.

Kunnossapidon tarpeellisuudesta ja siihen panostettavan resurssien määrää arvioidessa se mielletään helposti hyvinkin suureksi kulueräksi, joka syö tuotannon saavuttamaa voittoa eikä tuota mitään. Taulukko 1 osoittaa muutamia esimerkkejä kunnossapidon vaikutuksista ja hyödyistä.

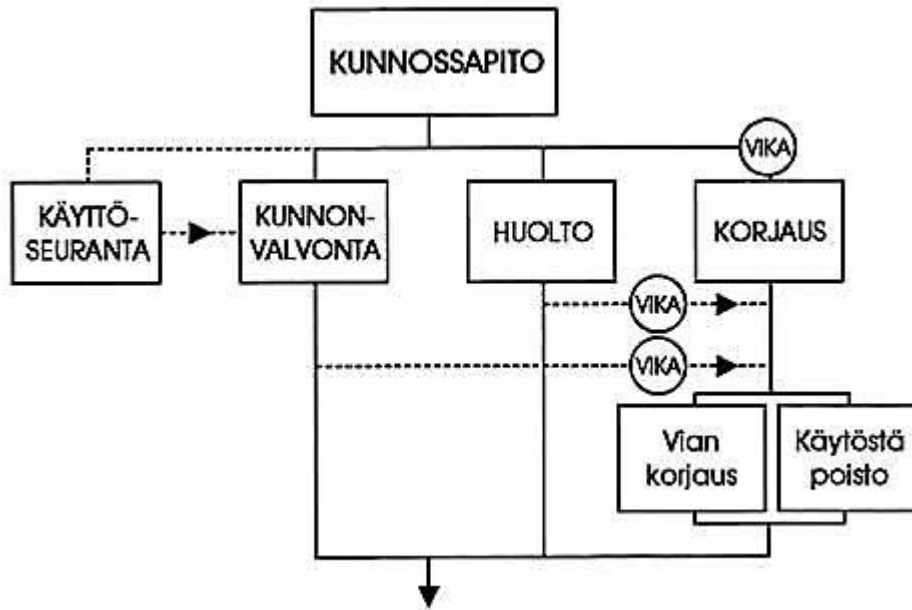
KUNNOSSAPIDON VAIKUTUS LIIKETOIMINTAAN (KOKO TEOLLISUUS 1997)			
	Vaikutuskohde	Vaikutus	Vaikutuksen arvo vuosittain
Sijoitus teollisuuden kunnossapi- pitoon 19 - 20 mrd mk	Tuotteen laatu	Parempi hinta	+
	Käytettävyys	Lisämyynti	Käytettävyys +1 % -> lisämyyntiä 4,7 mrd mk
	Toimitusvarmuus	Asiakastyytyväisyys, pienemmät varastot	Varastot -10 % -> säästöä 0,5 mrd mk
	Energian käyttö	Säästö hankinnassa	5 %:n säästö = n. 1 mrd mk
	Raaka-aineiden käyttö	Säästö raaka- ainekuluissa	1 %:n säästö = n. 2 mrd mk
	Eliniän pidennys	Lisämyynti, pääoman tuottoaste	+
	Laitoksen parantaminen	Kustannussäästö	Hukkatyö -1 %, kunnossapitokust. -10 %, säästö n. 2,6 mrd mk
	Ympäristön suojelu	Imago	+
	Laitos- ja työturvallisuus	+	+

Taulukko 1 Kunnossapidon vaikutus liiketoimintaan (Edunet: kunnossapito)

Työ- ja ympäristönsuojeluun panostetun rahan hyötyä on vaikea arvioida, mutta usein niihin seikkoihin vaikuttaa laki ja niiltä osin kunnossapito on pakko tehdä. (Edunet: kunnossapito)

4.2 Kunnossapidon lajit

Kunnossapito määritelmänä jakaantuu useisiin alalajeihin. Kuvassa 4.2 nähdään eri toimenpiteiden pohjalta tehty luokitus.



Kuva 4.2 Kunnossapidon lajit (Edunet: kunnossapito)

Kunnossapitotoimenpiteet voidaan toimintaperiaatteiden tasolla luokitella seuraavasti (Edunet: kunnossapito) :

- Ehkäisevä kunnossapito:
Kaikki ne tarkastus-, testaus- ja huoltotoimenpiteet, joita tehdään ilman, että laitteessa tiedettäisiin olevan vikaa.
- Käyttöseuranta:
Kaiken kunnossapitotoiminnan lähtökohta. Käyttöseurantaa suorittavat pääsääntöisesti laitteen käyttäjät.
- Kunnonvalvonta:
Kunnonvalvonnassa kohteen toimintaa tarkkaillaan ja mitataan joko jatkuvasti tai määräajoin. Tavoitteena on alkavan vikaantumisen havaitseminen ja vian korjaaminen ennen kuin se estää kohteen halutun toiminnon toteutumisen. Esimerkkinä mainittakoon laakerien värähtelyjen seuraaminen.
- Jaksotetut huollot:
Perinteinen käyttöajan, käyttökertojen tai muun vastaavan mukaan jaksottu-

va huoltotoimenpide, joka tehdään kohteen tilasta riippumatta. Esimerkiksi öljynvaihto on jaksotettua huoltoa.

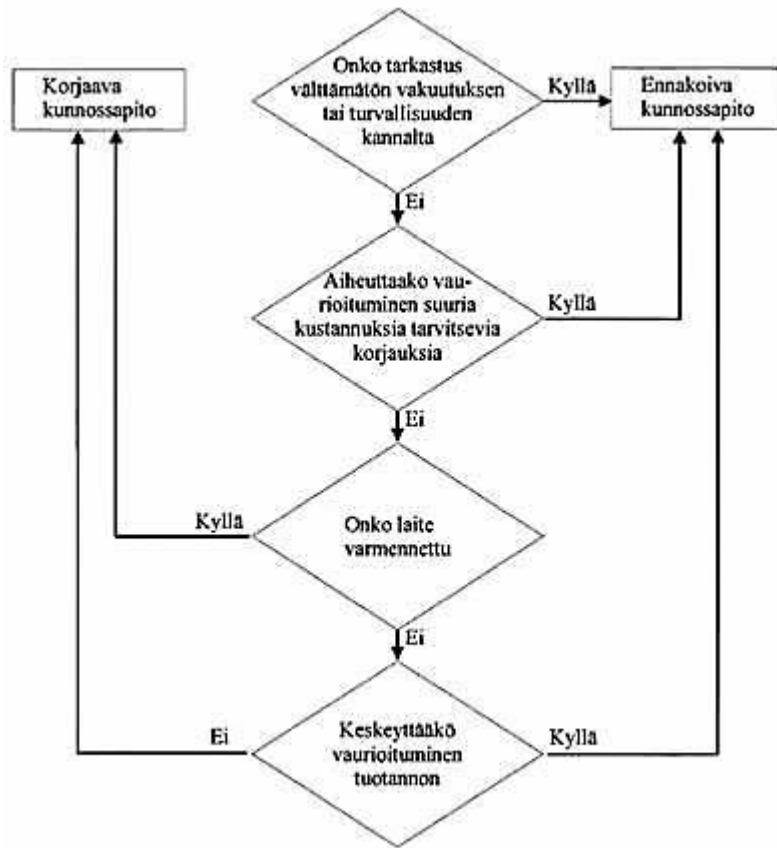
- Tarkastus:
Kohteen toimintakyvyn tarkastaminen. Ei sisällä päätelmiä tai analyysejä.
- Testaus:
Kohteen toimintakyvyn tarkastaminen vertaamalla saatuja mittaustuloksia kohteelle spesifioituihin arvoihin. Sisältää myös mittaustuloksiin liittyvät päätelmät.
- Huolto:
Kohteelle suoritetaan ennalta laaditun ohjelman ja toimenpidesuunnitelman mukaiset kunnonvalvonta- ja huoltotoimenpiteet.
- Korjaus:
Toimenpide, jonka tarkoituksena on poistaa kohteesta paikannettu vika. Suoritetaan, kun kohde on vikaantunut.
Vikaantuminen voi olla
 - kokonaisvika, joka estää kohteen kaikki toiminnot
 - osittaisvika, joka estää osan kohteen toiminnoista.
- Käytöstä poisto:
Osan tai koko kohteen käytöstä poistaminen spesifioidun eliniän täyttymisen, taloudellisesti kannattamattoman korjauksen tai kohteen modifioinnin vuoksi. On huomattava, että käytöstä poistaminen sisältää myöskin käytöstä poistetun kohteen osien asianmukaisen kierrätyksen sen purkamisen jälkeen.

4.3 Kunnossapidon strategiat

Kunnossapidon määrän päättäminen ja valmiiden strategioiden valinnan päättäminen on haastava tehtävä, koska erilaisia toimintatapoja ja vaatimuksia on runsaasti. Myös yritysten ja toimipaikkojen välillä on runsaasti eroavaisuuksia, joita täytyy mahdollisesti huomioida. Valinta ei ole kovinkaan tarkasti määritettävissä pelkillä

numerolaskelmilla, koska valintaan liittyviä näkökohtia kuten turvallisuutta, toimintusaikoja ja ympäristövaikutuksia on vaikea mitata rahassa.

Kuvassa 4.3 on esitetty kysymyksiä, joiden avulla voidaan pohtia kohteiden kunnossapidollisia periaatteita tai toimia.



Kuva 4.3 Kunnossapidon periaatteiden analysointitaulukko (Edunet: kunnossapito)

Kun laitteille on päätetty kunnossapidollinen strategia miten toimia, täytyy päättää kunnossapidon organisaation rakenne. Erilaisia vaihtoehtoja on tässäkin tapauksessa hyvin runsaasti, esimerkiksi

- keskitetty kunnossapito
- hajautettu kunnossapito
- kunnossapito omana tulosityksikkönään
- kunnossapidon osto palveluna

- käynnissäpito, pienimuotoinen otos kunnossapidosta
- kaikkien edellisten erimuotoisia yhdistelmiä.

Taulukossa 2 on esitelty kunnossapidon kustannussyntyjä eri strategiavaihtoehtoissa.

	Korjaava kunnossapito	Ennakoiva kunnossapito		
	Vian korjaus	Kunnonvalvonta	Ennakoiva korjaus	Vian korjaus
Tuotannon menetys [h×%×5000 €/h]	2h×1×5000 €	–	–	2×1×5000 €
Henkilökustannukset [prs×h×€/h]	3×2h×50 €	1×1h×50 €	3×2h×50 €	3×2h×50 €
Varaosat ja materiaalit [€]	500 €	–	500 €	500 €
Kiinteät kustannukset (öljyanalyysi) [€]	–	400 €	–	–
Yhden vian tai tehtävän kustannukset [€]	10 800 €	450 €	800 €	10 800 €
Vikojen tai tehtävien määrä vuodessa	6	12	4	2
Vuosikustannukset	64 800 €	5 400 €	3 200 €	21 600 €
		30 200 €		

Taulukko 2 Esimerkki kunnossapitokustannuksista eri strategiavaihtoehtoissa (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry: Kustannustehokkaiden kunnossapitostrategioiden valinta kunnossapito-ohjelmaan)

Ennakoivan kunnossapidon hyödyt tulevat tässä hyvin ilmi verrattuna korjaavaan kunnossapitoon jos tuotanto pääsee keskeytymään, joten hyvin usein paperi- ja sellutehtaissa kustannukset ovat suuria.

Erilaisista kunnossapidon strategioista voidaan mainita esimerkiksi TPM (Total Productive Maintenance), joka tarkoittaa suomeksi tuottavaa kunnossapitoa. Sen ideologia voidaan tiivistää seuraaviin kokonaisuuksiin (Edunet: kunnossapito):

- Kunnossapito käsitetään hyvin laajasti.

- Koko henkilökunta ylimmästä johdosta suorittaviin työntekijöihin sitoutuu tuottavan kunnossapidon periaatteeseen.
- Kokonaisvaltainen henkilöstön osallistuminen tarkoittaa kunnossapidon huomioon ottamista kaikissa yrityksen toiminnoissa.
- Kehittämistoiminta tapahtuu itsenäisten pienryhmien kautta, jotka kehittävät omia työtehtäviään kuuden päähäiriölähteen eliminoimiseksi.
- Jokaiselle laitteelle luodaan täydellinen, koko käyttöiän kattava ennakoivan kunnossapidon järjestelmä.

On olemassa myös muitakin järjestelmiä, kuten RCM (Reliability Centered Maintenance), joka tarkoittaa luotettavuuskeskeistä kunnossapitoa. Menetelmää voidaan soveltaa kevennettynä kaikessa kunnossapidossa, jossa tarvitaan luotettavuutta, ja sellaisenaan esimerkiksi ilmailun kunnossapidossa, esimerkiksi lentokoneissa. Total Productive Maintenance ja Reliability Centered Maintenance ovat osittain päällekkäisiä strategioita vaikka lähtevätkin eri lähtökohdista, koska TPM:lla voidaan ajatella isomman kokonaisuuden kannalta ja RCM:lla taas voidaan keskittyä pienempään kokonaisuuteen tai laitteeseen.

4.4 Yksittäisten laitteiden kunnossapito ja -tason määrittäminen

Yksittäiselle laitteelle kunnossapidon toimien määrittämisessä voidaan käyttää apuna kuvaa 4.3 (s.19), josta pohditaan käytettävien resurssien määrää ja laitteen kriittisyyttä. Ennakkohuoltoja ja -tarkastuksia voidaan jaksoittaa aikaisempien kokemusten, valmistajien suositusten, mahdollisesti saatavilla olevien muiden laitteen käyttäjien tietojen perusteella, muiden samantyyppisten laitteiden kokemuksista tai esimerkiksi öljyjen valmistajien suositusten perusteella. Ennakkohuolloissa on mahdollista täsmentää huoltojen väliä, kun kokemuksia on karttunut esimerkiksi harventaa tai tihentää väliä ja keskittää resursseja.

Myös laitteen vikahistoriaa kannattaa tarkastella, sillä tietojärjestelmään tallennettujen tietojen pohjalta nähdään tarkasti aiemmat viat, seisokin kestot, esiintymistaajuudet, käytetyt varaosat ja mahdollisesti vian syy. Myös mahdollisten vikojen syntymahdollisuudet kannattaa arvioida esimerkiksi vika- ja vaikutusanalyysillä, kun tiedetään komponentit, jotka voivat vikaantua. Vikaantuminen aiheutuu harvoin yhdestä ainoasta syystä. Varsin usein on kuitenkin erotettavissa pääsyy, jonka vaikutusta muut syyt ovat lisänneet ja nopeuttaneet. Vikoja analysoitaessa on tärkeää käydä läpi ja kirjata vikaantumiseen johtavat syyt. Vikaantumisen syiden tunteminen mahdollistaa vikaantumisilmiön torjuntakeinojen paremman hallinnan.

Esimerkkejä laitteen vikaantumisen syistä (Edunet: kunnossapito):

- Onnettomuus: ulkoisista syistä johtuva törmäys, kastuminen, kemikaaleille altistuminen tai muille sellaisille. Voi aiheuttaa joko välittömän vikaantumisen, tai voi olla tapahtuessaan täysin huomaamaton ja vaarattoman tuntuinen ja aiheuttaa kuitenkin vian alun.
- Ylikuormitus: kohteelle määritettyjen suoritusarvojen ylittäminen. Ylikuormitus voi olla mekaanista rasitusta, lämpötila, tehonsiirtoa, jännitettä, sähkövirtaa, kemiallisia pitoisuuksia.
- Korroosio: useita eri esiintymismuotoja. Kaikessa kunnossapidossa keskeisesti esillä.
- Väsyminen: materiaalin väsyminen, joka johtuu joko kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta. Perustuu kappaleissa olevista virheistä liikkeelle lähtevään särön kasvuun. Esimerkiksi kulkuneuvot, voimansiirto, nostolaitteet.
- Kuluminen: seurausta kahden toisiinsa kosketuksissa olevan pinnan liukumisesta toisiinsa nähden. Esimerkiksi laakeripinnat, johteet, saranat ym.
- Abraasio: pintaa naarmuttaa ja siitä hioo materiaalia pois kappale, jolla on suurempi kovuus. Esimerkiksi voitelemattomat tai ylikuormitetut laakeripinnat.
- Eroosio: pintaa kuluttavat suurella nopeudella virtaavassa nesteessä olevat kiinteät partikkelit.

- Inhimillinen virhe voi aiheutua taitamattomuudesta eli koulutuksen puutteesta, välinpitämättömyydestä tai jopa tahallisesta tuottamuksesta.
- Komponenttien vanheneminen kemiallisista tai muista syistä. Esimerkiksi kumituotteet, jotkin muovit, paristot.

5 HYDRAULIJÄRJESTELMIEN KUNNOSSAPITO

Hydraulijärjestelmille tehtävä kunnossapito ei poikkea yleisestä kunnossapidosta, tosin ennakoivaa kunnossapitoa suositetaan tehtäväksi runsaasti, sillä hydraulilaitteet ovat perusominaisuuksiltaan luotettavia ja pitkäikäisiä oikein huollettuina. Monesti niillä käytetään myös tuotannollisesti hyvinkin kriittisiä laitteita.

5.1 Hydraulijärjestelmien korjaava kunnossapito

Hydrauliikkajärjestelmille yleisimmin tehtäviä korjaustoimenpiteitä ovat muun muassa pumpun ja vuotavien letkujen vaihdot sekä vuotojen poisto venttiililohkoilta ja toimilaitteilta. Vuotavat toimilaitteet vaihdetaan uusiin tai huollettuihin varalaitteisiin. Vaihdetut toimilaitteet lähetetään kunnostettaviksi varaosahuoltoon. Korjaava kunnossapito pyritään minimoimaan, koska laiterikko aiheuttaa aina suunnittelematoman seisokin. Alkavat viat pyritään ennakoimaan ennakkohuollon mittauksilla ja määräaikaistarkastuksilla. Ennakkohuollolla pyritään ehkäisemään suuria kustannuksia, esimerkiksi yllättävä DD-pesureiden Marathon-nestemootorin rikkoutuminen aiheuttaa aina tuotannon keskeytymisen, ja edellyttää kalliin korjaussarjan ostamisen moottoriin. Hydraulijärjestelmien suunnitellulla ennakkohuollolla voidaan ennaltaehkäistä korjaavan kunnossapidon osuutta. Hyvin huollettuina hydraulijärjestelmät toimivat luotettavasti ja ovat pitkäikäisiä.

(Kotineva 2009)

5.2 Hydraulijärjestelmien ennakkohuolto

Jokaiselle hydraulikoneikolle on suunniteltu tehtäväksi määräajoin huoltotöitä, jotka löytyvät toiminnanohjausjärjestelmästä, tässä tapauksessa vielä Impowerista mutta loppuvuodesta 2009 alkaen SAP-järjestelmästä, johon sellutehdaskin siirtyy. Määräaikaistyö järjestelmässä sisältää tietyn ajanjakson, jolloin työ tehdään, työohjeet, paikkatiedon ja kuormitusryhmän eli kuka työn käytännössä tekee. Projektin tarkoituksena on suunnitella jokaiselle koneikolle ehdotus määräaikaistyöksi ja toimivat ohjeet joilla ulkopuolinenkin alan ammattilainen osaa tehdä tarvittavat toimenpiteet. Hydraulikoneikoille tehtävät toimet ovat yleisimmin öljynsuodattimen ja öljyn vaihto sekä silmämääräiset tarkastukset. Tarkastuksiin kuuluu muun muassa tutkia, ettei ulkopuolisia vuotoja esiinny, että koneikon käyntiääni kuulostaa normaalilta, koneikon lämpötila on normaali sekä kiinnitykset putkissa ja letkuissa ovat kunnossa. Osassa koneikkoja suodattimiin on liitetty paine-eroanturi, joka ilmoittaa automaattisesti tukkeutuvasta suodattimesta.

Työssä kiinnitetään huomiota öljynvaihtoon ja mahdollisesti siirtymistä tarvepohjaiseen vaihtoon, jolloin säästetään useita satoja litroja öljyä, kun vaihtoa ei tehdä turhaan. Vaihdon tarpeellisuutta voidaan arvioida kokemukseräisesti ja käyttämällä mittaavia apuvälineitä kuten laboratoriomittauksia, jossa öljyn kemiallinen kunto voidaan määrittää. Eräällä DD-pesureista on kokeilussa nestemootorin kotelon huuhtelupaluuyhteessä lianilmaisinkytkin, jolla pyritään tarkkailemaan öljyssä olevia partikkeleita ja valvomaan nestemootorin kuntoa.

Myös hydraulipumppujen kytkimille suunnitellaan tehtäväksi tarkastuksia, kunhan pumppu on asennettu siten, että tarkastus onnistuu. Ennakkotarkastuksilla pyritään poistamaan suunnittele mattomat seisokit, jonka hydraulijärjestelmän pettäminen kesken käytön voi aiheuttaa. Myös toimilaitteiden letkut ja putket tarkastetaan, koska letkuilla on oma käyttöikänsä ympäristötekijöistä johtuen. Putket voivat alkaa vuotaa, jos kiinnikkeet eivät ole kiinni ja putket pääsevät värähtelemään tai han-

kautumaan. Irtonaiset kannakkeet aiheuttavat muutenkin värinöitä järjestelmään ja ääntä.

Öljyjen merkitys hydraulilaitteille on luonnollisesti suuri, koska kyseessä on järjestelmän keskeisin osa. Normaalisissa käytössä öljyt suodatettuna kestävät hyvinkin pitkään, useita vuosia, kunhan vettä ja muita prosessinesteitä ei pääse sekoittumaan mukaan missään vaiheessa eikä öljy kuumene liikaa niin, että sen kemialliset ominaisuudet muuttuvat. Suodatuksessa on erittäin tärkeää, että irronneet metallihiukkaset saadaan poistettua öljystä, jotta ne eivät pääse aiheuttamaan toimintahäiriöitä venttiilistössä sekä kuluttamaan toimilaitetta. Säiliön pohjassa tai öljyn poistotulpassa on usein magneetti poistamassa irtoshiukkasia, jotka ovat öljyn joukossa. Myös laitetta huoltaessa pitää esimerkiksi suodattimen vaihdon yhteydessä huomioida löytyneet metallihiukkaset ja pyrkiä analysoimaan alkuperä sekä seuraamaan laitetta jatkossa. Erityistä huomiota täytyy kiinnittää uusien laitteiden öljynvaihtoon, jos valmistaja ilmoittaa, että ensimmäinen öljyn- tai suodattimen vaihto pitää tehdä tietyn aikavälin sisään eikä silloin vasta, kun määräaikaistyökortti tulee. Tämä sama pätee muihinkin laitteisiin, ei pelkästään hydraulikkaan.

5.2.1 Esimerkki määräaikaisesti tehtävästä huoltotyöstä

Esimerkkinä otan uuden keittämön painesuodattimen hydraulikoneikolle tehtävän huoltotyön. Laitte löytyy paikkanumerolla 23 4455 5311 ja laitenumeraalla L-017070. Kuvassa 5.1 näkyy määräaikaistyökortista esimerkki, jossa näkyy määräaikaisesti tehtävän huoltotyön tiedot. Impower-tietojärjestelmässä ei määräaikaistöiden tietoja saa näkymään kokonaan yhteen ruutuun, joten kuvassa 5.1 näkyy muut tiedot paitsi itse työhöje (kuva 5.2).

MA-TÖIDEN YLLÄPITO; [PM5020UP]

MA-työ E057945 Paikkano 0001 23 4455 5311 HYDRAULILAITTEET, PAINESUODATIN 1 (P+S+V)

Käsitteijä _____ Yksilö _____ Työläji 1 HUOLTO Aktiivinen

MA-nimi (SAP) ÖLJYN VAIHTO Jakso nollai Tehty

Kuormitusryhmä 80 TjAlue 2389 Prior.koodi _____ Vuoro 1 Tulostustaj Työtilaus

Seis.Tarve 24.00

Nimikeno _____ Piiri/Laite _____

SÄTE-tunnus _____

Jaksotus Nykylukema %

Jakso/Vrk	0364	70.1
Jakso/MittLukema		
Jakso/Tilavuus	0	0.0
Jakso/Käyttötunti	0.00	0.0
Jakso/Tuotantom	0	0.0
Jaksoton pvm		

Seuraava pvm 11.12.2009

Edell. pvm/klo 12.12.2008 00:00

Ed. mitt.lukema _____

Seur.mitt.lukema _____

Voimassa alk. _____

Voim.olo päättyy _____

Org / kust 02 112314455 Tiliöintikoodi 01 Nyk. KP-työ _____

Tili 6220000 Edell. KP-työ _____

Tekijä _____

Liitä Tekijä Kopioi

Amm.taidot Linkitä Ennuste
MA-työtil Esiaikataul Aseta

Kuva 5.1 Määräaikaistyökortin esimerkki Impower-tietojärjestelmästä (UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Impower-tietojärjestelmä)

```

ÖLJYN VAIHTO
VOITELUKOHDE                    KPL VOITELUTAPA   VO-AINE   MÄÄRÄ YKS
NIMIKE 783335                    1 VAIHTO          KS39      800,00 L
MUU VOITELUAINE:

```

Kuva 5.2 Määräaikaistyökortin työohje (UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Impower-tietojärjestelmä)

Määräaikaistöiden erääntyessä määrättyinä päivämääränä sille voidaan määrittää tulostuslaji ja henkilö, jolle tieto ajankohtaisesta työstä tulee. Yleisesti kortti menee suoraan joko alueen vastaavalle laitosmiehelle tai työsuunnittelijalle vuorokauden aikaisemmin.

5.2.2 Turvallisuustekijät hydraulilaitteissa

Hydraulilaitteiden työturvallisuutta määrittää standardi SFS-EN 982. Hydraulilaitteet vanhenevat käyttöolosuhteiden ja kuormittavien tekijöiden mukaan. Laitteissa käyt-

tetään suuria paineita ja vian sattuessa korkeapaineinen öljy voi päästä purkautumaan ihmisten päälle tai vaarantaa ympäristöä. Teollisuuskäytössä herkimmät paikat, joista öljy pääsee purkautumaan, ovat letkut ja putket. Putkistoissa voi tapahtua murtumia, jotka voivat aiheutua hankaumista ja värähtelyistä etenkin liitoskohdissa. Letkut vanhenevat käytössä ympäristön ja kulutuksen mukaan ja vaativat vaihdon määräajoin. Nykyisin sellutehtaalla ei vaihdeta letkuja aikajakson mukaan, mutta ehdotan vaihtoja määräaikaiskortteihin kirjattavaksi, etenkin kun käytössä on kumiletkuja. Kun letku vaihdetaan, voitaisiin letkun välittömään yhteyteen lisätä pieni merkintälappu, jossa näkyisi letkun edellinen vaihtokohta ja mahdollisesti seuraavan vaihdon ennakoitu vuosi. Tärkeää on myös lisätä tieto järjestelmään, josta tiedot on helppoiten kontrolloitavissa ja suunniteltavissa. Myös räjähdysuojan käyttöä letkuihin tulisi lisätä etenkin kohteissa, joissa henkilöstöä liikkuu, koska kustannukset sen käytöstä eivät ole suuria, mutta turvallisuus paranee.

Hydraulitoissa täytyy olla huolellinen ja tietää mitä tekee etenkin jos järjestelmä on paineellinen. Vaikka pumppu olisikin kytketty pois käytöstä voi järjestelmään jäädä painetta etenkin paineakun sisältävissä järjestelmissä. Erityisesti jo olemassa olevia vuotoja tarkastellessa tulee olla tarkkana. (Anttonen 2009)

6 PROJEKTIN SUORITUS

Työssä etsittiin paikkanumeroiden 22 **** 53**, 23 **** 53**, 41 **** 53** ja 43 **** 53** perusteella kaikki rajatun alueen hydraulilaitteet ja niistä selvitettiin historia-, varaosa-, ja määräaikaistöiden tiedot Impower-toiminnanohjausjärjestelmästä. Kaikkia tietoja ei ollut järjestelmässä, kuten esimerkiksi Aki Lampaisen ja Jorma Anttosen kokoamat omat huoltotiedot. Myöskään kaikkia laitteita ei ollut nimetty hydrauliiikan paikkanumeroille, vaan ne piti etsiä erikseen. Löytyneet tiedot koottiin Excel-laskentatauluktoon, josta niiden yhteenvedot näkyvät yhdessä välilehdessä ja yksityiskohdat jokainen omassaan, jolloin tietoja voi selailta linkitysten avulla. Taulukkoa voidaan käyttää seurantatyökaluna hydrauliiikan kunnossapitoa ajatel-

len. Loppuvuodesta 2009 sellutehdas siirtyy käyttämään SAP-järjestelmää, josta tiedot löytyvät eri tavalla kuin nykyisin. ProjectWise-dokumentin hallintajärjestelmästä etsin laitteiden piirustus- ja huolto-tiedot paikk numeron perusteella. Löytyneiden piirustusten paikkansa pitävyyttä selvitin Tuomo Kotinevan ja Jorma Anttonen kanssa laitteita kierrellessä. Valokuvasin myös koneikot ja liitin taulukkoon, koska kuvista näkee hyvin koneikon toimintaympäristön ja esimerkiksi ulkoisen siisteyden. Kierroksella tarkastelin muutenkin laitteiden paikkaansa pitävyyttä Immpower-järjestelmästä saatavien tietojen kanssa, esimerkiksi nestemootoreita vaihdettaessa tietoja ei aina ollut päivitetty järjestelmään. Jokaisella nestemootorilla on oma laitenumero jolla moottorit pyritään yksilöimään. Tärkeämpänä yksilöintikeinona on vielä moottorien valmistusnumero, joka löytyy jokaisesta moottorin valmistuskilvestä. Muutamissa kohteissa oli jäänyt vanhoja laitenumeroita paikk numeroille, vaikka kyseisiä laitteita ei löytynytäkään. Selvittelin näitä muun muassa yhdessä Kari Korhosen ja Jorma Anttonen kanssa ja saimme nykytilanteen selvitettyä varaston, oikeiden paikkojen sekä listojen perusteella.

Tehdyillä laitoskierroksilla kävin myös läpi jo löytyneet määräaikaistyöt ja tarkastelin niiden paikkaansa pitävyyden. Monista kohteista ei löytynyt mitään muita töitä kuin öljyn- ja suodattimen vaihto, vaikka kohteita pitäisi tarkastella useamminkin. Jotkut laitosmiehet käyvät laitoskierroksilla ja kiinnittävät huomiota hydraulikkaankin mutta kierrokset pitäisi saada myös kirjattua järjestelmään. Ongelmia tulee siinä vaiheessa, kun entinen laitosmies ei jostain syystä olekaan kierrosta tekemässä.

Työstä ja sen ohjauksesta pidettiin muutamia palavereja, joissa henkilökunta antoi ajatuksiaan ja ehdotuksia työn sisällöstä. Suurin osa työn suoritusajasta meni selvittäessä tietoja järjestelmästä ja kootessa kaikki yhteen paikkaan. Tutustuin myös eri lähteistä saataviin materiaaleihin hydraulikan kunnonvalvonnasta, öljyistä ja uusimmista menetelmistä, joita soveltaa. Työn loppupuolella tehtiin yhteenveto työstä asiaan liittyvien henkilöiden kanssa ja sovittiin työn pohjalta tehtävistä jatko-toimenpiteistä.

7 SOODAKATTILAN REDUKTIOVENTTIILEIDEN HYDRAULIKONEIKON UUSINTA

7.1 Soodakattilalaitoksen esittely

Soodakattilaosaston tehtävänä on keittokemikaalien talteenotto ja lipeän regenerointi sekä lipeässä liuenneena olevan orgaanisen osuuden lämpösisällön talteenotto. Soodakattilaosastolla haihdutetaan keittämöltä tuleva mustalipeä polttopoikkeiseksi haihduttamalla, käsitellään ja poltetaan selluprosessissa syntyvät hajukaasut ja metanoli, valmistetaan täyssuolanpoistettu vesi ja puhdistetaan lauhdet. Osaston muita tehtäviä ovat sähköön kehitys vastapaineturbiinilla ja lämmön ja sähköön tuotanto. Liitteessä 7 on esitelty soodakattilaosaston toimintaa yleisesti, kyseessä ei ole pelkästään Kaukaan soodakattilalaitoksesta.

(Kaukas intranet, Soodakattilaosaston toiminnan periaatteet)

7.2 Soodakattilan reductioventtiilijärjestelmän toimintakuvaus

Soodakattilalaitoksen reductio- eli paineenalennusventtiilit sijaitsevat höyryputkistossa, ja niiden tehtävänä on pudottaa tehtaan höyryverkkoon menevän höyryn painetta. Reductioventtiileitä on yhteensä kahdeksan kappaletta (RV1-RV8) ja ne ohjataan hydraulisilla toimilaitteilla. Kuvassa 7.1 näkyy yksi reductioventtiileistä.



Kuva 7.1 Höyryverkoston paineenalennus- eli reduktioventtiili

Venttiilien säätävä liike on hyvin pientä, paitsi hätäsulku, joka tapahtuu niin nopeasti kuin hydraulineeste pääsee paineakusta sekä avoimesta venttiilistä järjestelmään avaamaan sylinterin. Järjestelmä on kriittinen koko prosessissa ja mahdollinen toimintahäiriö voi ajaa koko soodakattilan alas, ja tämä taas vaikuttaa muihin tehtaan osiin.

(Anttonen 2009)

7.3 Nykyisen hydraulikoneikon kuvaus

Nykyinen hydraulikoneikko on paikkanumerolla 23 5051 5301 ja mallia Hydac HHS 2-20/50, (kuva 7.2). Koneikko sijaitsee soodakattilalaitoksella tilassa, jossa kulkee runsaasti höyryputkia ja ilman lämpötila on normaalikäynnin aikana lähellä 40 celsiusastetta.



Kuva 7.2 Soodakattilan reduktioventtiileiden nykyinen hydraulikoneikko

Toiminnassa se on ollut vuodesta 1991. Koneikko on varustettu kahdella hammaspyöräpumpulla, jotka toimivat vuorotellen ja varaavat kahta tyypitäytteistä paineakua. Kun paineakkujen paine laskee, pumppu lähtee käyntiin ja täyttää paineakun

paineventtiilin säätämään paineeseen. Hydraulioöljysäiliön tilavuus on 250 litraa, ja pumpput kytkimineen on upotettu säiliön sisäpuolelle. Koneikkoa on muuteltu muutamiiin otteisiin vuosien aikana, muun muassa uusia suodattimia on lisätty. Nykyisellään koneikon takana olevat suodattimet ovat jo tarpeettomia.

7.3.1 Vika-vaikutusanalyysi

Suoritin nykyiselle koneikolle yksinkertaisen vika-vaikutusanalyysin, josta nähdään eri osien vian ja haitan vaikutukset sekä mahdollisesti niiden ennaltaehkäisy. Tällä pyritään tunnistamaan järjestelmästä kriittisimmät osat mihin kiinnittää huomiota mahdollisesti uudessa suunniteltavassa koneikossa. Vika-vaikutusanalyysi löytyy liitteestä 3.

Tärkeimpiä toimenpiteitä ovat säännöllinen öljyn- ja suodattimien vaihto tai ainakin öljyn kunnontarkkailu väliajoin. Myös tarkastuskäynnit koneikon luona viikoittain ovat tärkeitä, sillä niiden avulla huomataan vuodot, poikkeavuudet koneikon käynnissä ja lämpötilassa sekä muut tavallisuudesta poikkeavat tapahtumat. Tällä hetkellä suodattimien valvonta on liitetty sähköiseen seurantajärjestelmään, joka ilmoittaa tukkeutuneisuudesta.

7.3.2 Nykyisin ilmenevät ongelmat

Tein nykyisin käytössä olevalle hydraulikoneikolle Tuomo Kotinevan ja Jorma Antosen kanssa tarkastelua, jossa totesimme paineakun tyhjenevän laitteistossa olevien sisäisten vuotojen takia epätavallisen nopeasti. Myöskään piirustuksissa olevat tiedot eivät pidä paikkaansa, koska koneikkoa on joiltain osin muuteltu. Muun muassa suodattimia sekä toinen paineenalennusventtiili on lisätty jälkeinpäin. Samoin venttiilipaneeleissa on tapahtunut muutoksia, ja nimi- ja numerokylttejä puuttuu. Hydraulipumppujen kytkimet eivät ole kovin helposti tutkittavissa, sillä ne ovat upotettuna säiliön sisäpuolella eikä niitä pysty tarkastamaan ilman moottorei-

den nostamista pois paikoiltaan. Korjaukset ja isommat huollot, jotka eivät onnistu koneikon käynnissä ollessa, ovat hankalia, koska seisokki on noin kerran vuodessa.

Ympäristön lämpötila on normaalin käynnin aikana yli 40 °C ja häiriöiden aikana jonkin verran enemmän. Tällä hetkellä ei ole käytössä mitään muuta jäähdytystä kuin se, mitä säiliö siirtää lämpöä ympäröivään ilmaan. Mutta jos ilman lämpötila on jo lähtökohtaisesti korkealla, ei öljykään jäähdy riittävästi.

7.4 Kehitysehdotukset koneikolle

Koneikon kehitysehdotukseen vaikuttavat tekijät ovat lähinnä kustannukset, käytävissä oleva tila ja kriittisyyden huomioiminen. Koneikolle on käytettävissä tilaa sivusuunnassa noin 2000 mm ja syvyydessä noin 2000 mm asti, ettei koneikko tule kovin pitkälle käytävälle. Korkeussuunta ei tässä tapauksessa vaikuta. Päädyin kahteen kehitysehdotukseen, jotka esitellään seuraavassa:

7.4.1 Ensimmäinen muutosehdotus

Nykyisin koneikko on hyvin lähellä vieressä kulkevaa höyryputkea, joka vielä osataan lämmittää koneikkoa lisää. Myös koneikon takana olevien putkien ja venttiileiden huoltaminen on hankalaa tilan puutteen takia. Koneikon käytävän puolella olisi tilaa reilusti siirtää koneikkoa pois putken läheisyydestä, joten ehdotan, että jo yhden metrin siirto olisi riittävä. Taustapuolelle voisi rakentaa seinämän, joka samalla eristäisi lämpöä. Hydraulikoneikoille suositellaan seinäratkaisuiksi tiiliseinää, mutta seinän paikka on silloin juuri siinä eikä salli muutoksia. Jos käytetään pellistä tehtyjä sopivan kokoisia elementtejä, jotka jaksaa lihasvoimin nostaa pois tarvittaessa tieltä, saadaan joustavampi ratkaisu. Samantyyppistä ratkaisua käyttää Hägglunds Denison muun muassa pesurikäyttöjen hydraulikoneikoissa. Tehdään sopiva runko, johon seinämän elementit kiinnitetään esimerkiksi pulteilla. Peltien rakenteena

voisi olla tuplapelti ilmaraolla, jolloin saadaan aikaan eristävä vaikutus. Materiaalina käy esimerkiksi alumiini ja teräs. Ilmarakoon voi laittaa myös eristeen kuten uretaania tai vaahtomuovia.

Kun lämpösäteily saadaan pienemmäksi, voisi öljyn jäähdytystä parantaa muutenkin. Nykyinen koneikko ei sisällä lämmönvaihdinta vaan säiliö toimii jäähdyttävänä elementtinä. Lämmönvaihtimen sijoittaminen järjestelmään tai ilmankierron parantaminen jäädyttäisi öljyn lämpötilaa lukuisilla asteilla. Lämmönvaihtimista tulisi kyseeseen lähinnä ilmajäähdytteinen vaikka se häviääkin tehokkuudessa vesikiertoiselle, mutta toimintavarmuus on parempi, koska vesi ja öljy eivät pääse sekoittumaan häiriötilanteessa keskenään. Näin tapahtuessa todennäköisesti koko tehdas pitäisi ajaa alas, koska höyrynsäätelyjärjestelmän häiriö on kriittinen.

Koneikolle voi parantaa ilmankiertoa ottamalla muutaman metrin päässä katosta olevasta tuloilmaputkesta lyhyen sivuputken, jolla ohjataan viileämpää ilmaa suoraan koneikon päälle. Jos ilmalämmönvaihdin lisätään järjestelmään, voi sille ohjata viileä ilman tuloilmaputkesta. Kun koneikkoa siirretään, ei putkia tarvitse kovin paljon muuttaa vaan poistetaan koneikon taustapuolella olevat vanhat suodattimet, jotka ovat nykyisessä käytössä ylimääräisiä. Näin ne eivät ole myöskään seinäratkaisun tiellä.

Jäähdytystä valittaessa valitsen mieluummin vaihtoehdon, jossa emme käytä ilmalämmönvaihdinta vaan ohjaamme viileän tuloilman koneikon päälle, jolloin koneikon pinta toimii jäähdyttävänä elementtinä. Ilmalämmönvaihtimesta saatava hyötysuhde tällaisessa tapauksessa ei ole kovin hyvä, kun tuleva ilma ei ole riittävän viileää. Ilmalämmönvaihdin kaikkine osineen myös kasvattaa kustannuksia ja osien määrää.

Kun koneikon jäähdytys on suunniteltu, puututaan vakavampaan ongelmaan eli pumppuihin. Aikaisemmin olen maininnut niiden ongelmista ja ratkaisu niihin olisi asentaa uudet pumput entisen säiliön kylkeen, kuten kuvassa 3.1. Tällöin vuotoal-

lasta joudutaan muuttamaan mutta entinen säiliö voidaan muuten hyödyntää, ja pumppujen ennakkohuolto on helpompaa niiden ollessa säiliön ulkopuolelle asennettuina. Pumput muutetaan mäntäpumpuiksi ja toimintakuvaukseen tehdään muutos siten, että toinen pumppu pyörii jatkuvasti ja toinen on varalla. Jos paine tippuu nopeasti, käynnistetään toinenkin pumppu.

Entisten pumppujen paikalle asennetaan peitelevyt, ja käytössä oleva käsipumppu ja suodatinpaketit säilytetään. Koneikon yhteydessä olevat venttiilipaneelit uusitaan samalla kertaa, jolloin saadaan toimivat uudet venttiilit. Myös varaosatilanne niiden osalta paranee, kun valitaan sellaisia venttiilejä, joita löytyy jo valmiiksi varastosta.

Muutosehdotukseen mahdollisesti tarvittavat osat:

- ilmastointiputkea ja säätöpelti
- hydrauliputkistolle pieni muutos
- kehikko irrotettaville seinäelementeille
- seinäelementit
- vuoto-altaalle muutos pumppujen alle
- 2 kappaletta hydraulipumppuja, esimerkiksi Rexroth mäntäpumppu A10VSO 18 DFR/30R-PPA12NOO, tuotto 27l/min
- 2 kappaletta sähkömoottoreita 15kW 380V/50Hz B3/5, n=1500 1/min
- paineenrajoitusventtiili Rexroth DBDS 10 G 1X/200
- kytkimet pumpuille.

7.4.2 Toinen muutosehdotus

Toisena muutosehdotuksena olen suunnitellut, että koko koneikko uusitaan, paitsi muutama vuosi sitten jo uusitut venttiilipaneelit, jolloin saadaan täysin uusi koneikko uusilla osilla. Koneikkoa suunnitellessa huomioidaan nykyisin käytössä olevat UPM-Kymmenen tekniset standardit hydraulijärjestelmistä, käyttöympäristö ja

-kohde sekä nykyisin käytössä olevat laitteet, jolloin saadaan käytettyä jo varastossa olevia varaosia, eikä tarvita uusia, jolloin käyttövarmuus myös paranee, koska osia ei tarvitse tilata erikseen vaan ne löytyvät jo varastosta. Koneikon ympärille voitaisiin laittaa samantyyppinen seinämä kuin ensimmäisessä muutosehdotuksessa, jolloin ilmankierto saadaan paremmin koneikon kohdalle.

Koska koneikko ei siirry paikaltaan, en laske putkistovirtaushävikkejä erikseen ja käytän entisen koneikon arvoja. Entisestä koneikosta hyödynnetään paineakut ja erillinen venttiilipaneeli seinällä.

Koneikon jäähdytystä voidaan tehostaa ilmajäähdyttimellä, johon ohjataan viileämpää ilmaa muutaman metrin päässä olevasta tuloilmaputkesta. Tämä vaatisi lähemmän tarkastelun mutta tässä tapauksessa tätä ei kannata toteuttaa, vaan käytetään suoraa jäähdytystä koneikon pintaan. Vesijäähdytystä en käytä koneikon kriittisyyden takia, ettei öljyn ja veden sekoittumista pääse vahingossa syntymään. Tämän tapahtuessa soodakattilaitos saatetaan joutua ajamaan alas ja vaikutukset ulottuvat koko tehdasalueelle höyryn tulon loppuessa. Uuden koneikon hydraulikaavio on mukana liitteessä 6. Kaavio on periaatteellinen, mutta siitä näkyy pumpujen ja venttiileiden sijoittelu eikä se sisällä kaikkia sähköisiä komponentteja.

Uudessa koneikossa käytettävät komponentit:

- hydraulinestesäiliö, tilavuus noin 250 litraa ja materiaali mieluiten RST/HST
- vuotoallas koneikon alle
- 2 kappaletta hydraulipumppuja, esimerkiksi Rexroth mäntäpumppu A10VSO 18 DFR/30R-PPA12NOO, tuotto 27l/min
- kytkin pumpulle
- 2 kappaletta sähkömoottoreita 15kW 380V/50Hz B3/5, n=1500 1/min
- 2 kappaletta painesuodattimia (otetaan entisestä koneikosta)
- palusuodatin (otetaan entisestä koneikosta)
- ilmansuodatin (otetaan entisestä koneikosta)

- käsipumppu(otetaan entisestä koneikosta)
- paineenrajoitusventtiili Rexroth DBDS 10 G 1X/200
- sulkuventtiilit (otetaan entisestä koneikosta).

Lisäksi ilmankierron parantamiseen tuloilmaputkesta:

- ilmastointiputkeen haaroittava putki ja säätöpelti
- kehikko irrotettaville seinämäelementeille
- seinäelementit.

8 POHDINTAA

Insinööriyön tekeminen hydraulilaitteista on ollut hyvin mielenkiintoista. Hydrauliikka on aihepiiriltään erittäin laaja aihe, ja opinnäytetyöhön syventyminen paransi tietojani koulusta opittujen lisäksi paljon. Hydrauliikan parissa pitkään toimineet Tuomo Kotineva ja Jorma Anttonen opastivat opinnäytetyössä erittäin paljon ja uhrasivat aikaa muutenkin palaverien ja laitoskierrosten parissa. Koneikkojen tutkimista paikan päällä vaikeutti se, että ne olivat laajalle alueelle sijoittuneena eikä tarkasta sijainnista ei ollut tietoa ennen kuin joku sijainnin tietävä ehti opastaa paikalle. Sain etsittyä hydraulikasta myös runsaasti materiaalia ja julkaisuja, joita tutkin työn aikana ja pyrin soveltamaan löytyneitä tietoja.

Kaikkiaan laitekortteja kertyi noin 250 sivullista Excel-muodossa. Tähän sisältyy myös kaikista laitekorteista yhteenvetotaulukko, jota voidaan käyttää työkaluna, muun muassa huomioiden seuraamisessa ja jatkotoimenpiteiden suunnittelussa. Laadittua yhteenvetotaulukkoa voidaan käyttää myös pohjana samantyyppisille tuleville kuntokartoituksille. Liitteessä 3 on laitekortti soodakattilalaitoksen reduktioventtiileiden hydraulikoneikosta.

Työn loppupuolella kävimme projektissa kerätyt tiedot läpi ja päätimme jatkotoimenpiteistä. Laitoskierröksilta raporttiin kerätyistä tiedoista tein häiriöilmoitukset

kriittisimmistä huomioista ja loput kiireettömät jäivät suunnitteluun odottamaan työn toteutusta. Esimerkiksi letkujen vaihtoja on tulossa tehtäväksi koska useissa kohteissa niitä ei ole vaihdettu vuosikausiin ja letkujen käyttöikä on rajallinen.

Myös muutamiin hydraulikaavioihin ja piirustuksiin tulee tehtäväksi päivityksiä, koska tehtyjä muutoksia ei niihin ole päivitetty.

Työn aihealueesta olisi saanut tehtyä laajemmankin työn, mutta insinööriyön laajuuden rajauksen takia moneen kohtaan piti perehtyä mielestäni liian pintapuolisesti, vaikka mielenkiintoa olisi ollut tehdä lisää. Työn tavoitteena oli alun perin tehdä kuntokartoitus ja siitä erinäisiä suunnitelmia määräaikaaisiksi ennakkohuolto- ja korjaustöiksi. Mielestäni tähän tavoitteeseen tultiin ja kerättyä tietoa laitteista kertyi runsas määrä, jota riittää käsiteltäväksi vielä jälkeempäinkin. Alun perin olin suunnitellut tekeväni myös suunnittelemani määräaikaistyöt järjestelmään, mutta työn paisuttua sovimme ne työn ulkopuolelle, jolloin oma väki käy ehdotukset läpi ja tekee tarpeelliset työt järjestelmään.

Työn lopuksi haluan kiittää kaikkia työhön osallistuneita ja opastaneita henkilöitä joita löytyy Kaukaan sellutehtaaltakin monia. Erityiskiitokset haluan antaa koko työn suorittamisen ajan mukana olleille Tero Junkkarille, Tuomo Kotinevalle, Jorma Anttoselle ja Martti Huolmanille sekä Saimaan Ammattikorkeakoulun puolelta työtä ohjanneelle Veli-Pekka Jurvaselle.

KUVAT

Kuva 3.1 Hydraulikoneikon rakenne s. 9 (UPM tekniset standardit 1.5.2008: Hydrauliiikkastandardi, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 6.7.2009)

Kuva 3.2 Hägglund Marathon MB-800 hydraulinestemoottori s.11

Kuva 3.3 Hägglund-Denison PEB-100 hydraulikoneikko s. 12

Kuva 3.4 Kriittisyysluokittelu s.13 (UPM SAP-tukimateriaali, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 17.8.2009)

Kuva 4.1 Kunnossapito laitoksen elinkaareissa s. 14 (Edunet: kunnosapito: http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/kuvat/mita_kunnossapito_on.jpg)

Kuva 4.2 Kunnossapidon lajit s. 17 (Edunet: kunnosapito: <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet/kuva2-1.jpg>)

Kuva 4.3 Kunnossapidon periaatteiden analysointitaulukko s. 19 (Edunet: kunnosapito: <http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet/kuva2-3.jpg>)

Kuva 5.1 Määräaikaistyökortin esimerkki Immpower-tietojärjestelmästä s. 26 (UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Immpower-tietojärjestelmä, luettu 6.7.2009)

Kuva 5.2 Määräaikaistyökortin työohje s. 26 (UPM-Kymmene Oyj, Kaukas, Immpower-tietojärjestelmä, luettu 6.7.2009)

Kuva 7.1 Höyryverkon paineenrajoitus- eli reduktioventtiili s. 30

Kuva 7.2 Soodakattilan reduktioventtiileiden nykyinen hydraulikoneikko s. 31

TAULUKOT

Taulukko 1 Kunnossapidon vaikutus liiketoimintaan, s. 16 (Edunet: kunnossapito: http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_3-1_kunnossapidon_vaikutus_liiketoimintaan.html)

Taulukko 2 Esimerkki kunnossapitokustannuksista eri strategiavaihtoehtoissa, s. 20 (Kunnossapitoyhdistys Promaint ry: Kustannustehokkaiden kunnossapitostrategioiden valinta kunnossapito-ohjelmaan, <http://www.promaint.net>)

LÄHTEET

Anttonen, J. UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden laitospäällikö. Haastattelu.

Björn, M. UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden laitospäällikö. Haastattelu.

Edunet: kunnossapito
<http://www.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito>, luettu 7.9.2009

Huolman, M. UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden voiteluteknikko. Haastattelu

Immpower-tietojärjestelmä Kaukas, UPM-Kymmene Oyj, luettu 18.5.2009 - 31.8.2009

Junkkari, T. UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan sellutehtaan kunnossapitopäällikkö. Haastattelu.

Kaukaan tehtaat, PowerPoint-esitys. UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 28.5.2009

Kaukas intranet, Soodakattilaosaston toiminnan periaatteet, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 20.8.2009

Kauranne, Kajaste ja Vilenius, Hydrauliteknikka. 2008 Porvoo: Werner Söderström Osakeyhtiön Kirjapaino.

Kotineva, T. UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden kehitysinsinööri. Haastattelu

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Kannattaako hydrauliiikan kunnossapidosta maksaa?
<http://www.promaint.net>, luettu 8.6.2009

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Koneiden voitelu- ja hydrauliiikkajärjestelmien on line -kunnonvalvonnan ja diagnostiikan tehostaminen
<http://www.promaint.net>, luettu 9.6.2009

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Kunnossapito-verkkójulkaisu, 2/2007
<http://www.promaint.net>, luettu 29.9.2009

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry: Kustannustehokkaiden kunnossapitostrategioiden valinta kunnossapito-ohjelmaan
<http://www.promaint.net>, luettu 29.9.2009

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Öljyn kunnonvalvonta osana tuotantolaitteiden käynnissäpitoa
<http://www.promaint.net>, luettu 12.6.2009

Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Öljyjen kunnonvalvonta
<http://www.promaint.net>, luettu 11.6.2009

Projectwise-dokumentin hallintajärjestelmä, UPM-Kymmene Oyj, luettu 18.5.2009 - 31.8.2009

Toiminta Kaukaan tehdasalueella. UPM-Kymmene Oyj. Intranet. 27.2.2009, luettu 28.5.2009

UPM Kaukaan tehtaat yleisesittely 3/2009, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 27.2.2009

UPM-Kymmene lyhyesti, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 5.8.2009

UPM SAP-tukimateriaali, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 17.8.2009

UPM tekniset standardit 1.5.2008: Hydrauliiikkastandardi, UPM-Kymmene Oyj, Intranet, luettu 6.7.2009