



■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

VOIMAKATTILAN VUOSI- HUOLTO

TEKIJÄ/T: Henri Tenhunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Henri Tenhunen			
Työn nimi Voimakattilan Vuosihuolto			
Päiväys	10.5.2016	Sivumäärä/Liitteet	40
Ohjaaja(t) lehtori Seppo Rynänen Savonia-amk, insinööri (amk) Jari Ikonen Andritz Oy			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Andritz Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin Andritz Oy:n KRP-yksikölle keväällä 2016. Tarkoituksena oli perehtyä jo olemassa olevaan voimakattiloiden huoltodokumentaatioon ja kattilateknologiaan. Työn tavoitteena olisi luoda yksi yhtenäinen huolto- ja tarkastusopas, jonka avulla vain perustiedon kattilateknologiasta omaava henkilö osaisi tehdä tarkastustoimepiteet.</p> <p>Työssä tutkittiin muutamaa Andritzin toimittamaa voimakattilaa ja niiden huolto- ja kunnossapito-ohjeistusta, joiden pohjalta luotiin yksi yhtenäinen huolto-ohje voimakattilan painerungolle ja tärkeimmille paineettomille järjestelmille. Huolto-oppaassa ilmoitettaisiin yleisimmät tarkastusta ja huoltoa vaativat osat ja laitteet. Lisäksi osille ja laitteille määriteltiin korjaus- ja vaihtokriteerit, jotka ovat yleisistä huolto-oppaista tähän mennessä uupuneet.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena valmistui huolto-ohje, johon sisältyy kattilan painerunko ja siihen liittyvät osat, polttoainejärjestelmä ja tuhka järjestelmät.</p>			
Avainsanat voimakattila, huolto, kunnossapito, tarkastus			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Henri Tenhunen			
Title of Thesis Annual Maintenance of Power Boiler			
Date	May 10, 2016	Pages/Appendices	40
Supervisor(s) Senior Lecturer Seppo Ryyänen Savonia-amk, BEng. Jari Ikonen Andritz Oy			
Client Organisation /Partners Andritz Oy			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was made for Andritz Oy KRP-division in the spring of 2016. The purpose was to study existing maintenance handbooks and boiler technology. The aim was to create such a single coherent maintenance and inspection handbook that using this handbook someone with only basic knowledge of boiler technology could understand the inspection process.</p> <p>First, maintenance instructions of previous Andritz Oy projects were studied. They were used as a basis for a new maintenance handbook for boiler pressure part and for a few important non-pressure systems. The new handbook would inform about the most common parts and devices that need yearly inspection. Furthermore, it would also include the criteria for changing and repairing the parts and devices mentioned, which has been missing from maintenance handbooks of past projects.</p> <p>As a result of the project a maintenance and inspection handbook for boiler pressure part, fuel feeding system and ash removal systems was created.</p>			
Keywords power, boiler, maintenance, upkeep, inspection			
public			

ESIPUHE

Opinnäytetyö tehtiin Andritz Oy:n KRP-osastolle kevään 2016 aikana. Ohjaajina toimi Savoniasta lehtori Seppo Ryyänen ja Andritz Oy:stä tuoteinsinööri Jari Ikonen. Tahtoisin kiittää molempia saamistani neuvoista ja ohjauksesta.

Varkaudessa 17.5.2016

Henri Tenhunen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	ANDRITZ OY	8
3	VOIMAKATTILA	9
3.1	Voimakattilan rakenne	9
3.2	Ilman ja savukaasun kierto BFB-kattilassa	10
3.2.1	Primaari-ilma	11
3.2.2	Sekundaari- ja tertiaari-ilma	11
3.2.3	Startti- ja kuormapolttimet	12
3.2.4	Ilman esilämmittimet	12
3.2.5	Savukaasut ja niiden puhdistus	13
3.2.6	Kiertokaasujärjestelmä	14
3.3	Veden ja höyryn kierto BFB-kattilassa	15
3.3.1	Syöttövesi	15
3.3.2	Ekonomaiserit	16
3.3.3	Lieriö	16
3.3.4	Höyrystinpinnat	17
3.3.5	Tulistimet	18
3.3.6	Nuohoimet	19
3.3.7	Ulospuhallus	20
4	HUOLTO JA KUNNOSSAPITO	21
4.1	Kunnossapidon määrittely	21
4.2	Kunnossapitolajit	21
4.2.1	Huolto	23
4.2.2	Ehkäisevä kunnossapito	23
4.2.3	Korjaava kunnossapito	24
4.2.4	Parantava kunnossapito	24
4.3	Vikaantuminen	24
4.3.1	Vikaantuminen ja aika	25
4.3.2	Vikaantumisen syyt	26
4.4	Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu	27
4.5	Aikatauluttaminen	30
5	VOIMAKATTILAN TARKASTUKSET JA HUOLTO	32

5.1	Yleisimmät vikaantumiset kattilassa	33
5.1.1	Tulipesä	33
5.1.2	Kattilan yläosa	34
5.1.3	Kanavat.....	36
5.2	Huolto-ohje	37
6	YHTEENVETO.....	39
	LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Työssä keskitytään Andritz Oy:n toimittamien voimakattiloiden seisokin aikana tehtäviin huoltotoimenpiteisiin. Työlle on tarvetta, koska aikaisemmissa Andritzin voimakattilaprojekteissa huollon ja kunnossapidon osuus on ollut hyvin hajanaista ja riittämätöntä.

Työssä tutkitaan jo olemassa olevaa kunnossapitoohjeistusta ja kattilateknologiaa. Tavoitteena on luoda yksi yhtenäinen huolto-ohje tuleville voimakattilaprojekteille. Huolto-ohjeen tarkoituksena on, että vain perustiedon voimakattilatekniikasta omaava henkilö osaisi tarkastustoimepiteet.

Työssä käsitellään Andritz Oy:n BFB-kattiloiden painerungon ja tärkeimpien paineettomien laitteistojen vikaantumista ja tarkastuksia. Työstä on jätetty pois päivittäin tehtävät huoltotoimet ja keskitytty seisokeissa tehtäviin tarkastuksiin ja huoltoon.

2 ANDRITZ OY

Andritz Oy on yksi maailman johtavista sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista. Sen tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Lisäksi Andritz tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia energiantuotantoon. Andritz Oy:n liikevaihto on noin 400 miljoonaa euroa ja henkilökunnan määrä noin 1 000. Osaamiskeskukset ovat Kotkassa, Savonlinnassa, Varkaudessa, Lahdessa ja Tampereella. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Hallituksen puheenjohtajana toimii Wolfgang Leitner (Andritz AG) ja toimitusjohtajana Kari Tuominen. Yhtiön omistaa itävaltalainen Andritz AG. Andritz Oy:n tytäryhtiöt ovat Savonlinna Works Oy ja Warkaus Works Oy. (Andritz AG, 2016)

3 VOIMAKATTILA

Voimakattila on osa sellutehdasta. Sen tehtävänä on hyödyntää ne osat puusta, joita ei tarvita sellun valmistusprosessissa, esim. kaarna ja hakkuussa syntyvä muu puujäte. Voimakattilan pääasiallinen tarkoitus on tuottaa höyryä, jota voidaan sitten käyttää laitoksen prosessihöyrynä tai lämmittämiseksi ja sähköntuotannossa. Moderneissa biovoimalaitoksissa käytetään pääasiassa kolmea erilaista polttotekniikkaa: arinapolttua, kerrosleijupolttua ja kiertopetipolttua. Tässä opinnäytetyössä keskitytään Andritzin BFB-kattiloihin eli kerrosleijutekniikkaan.

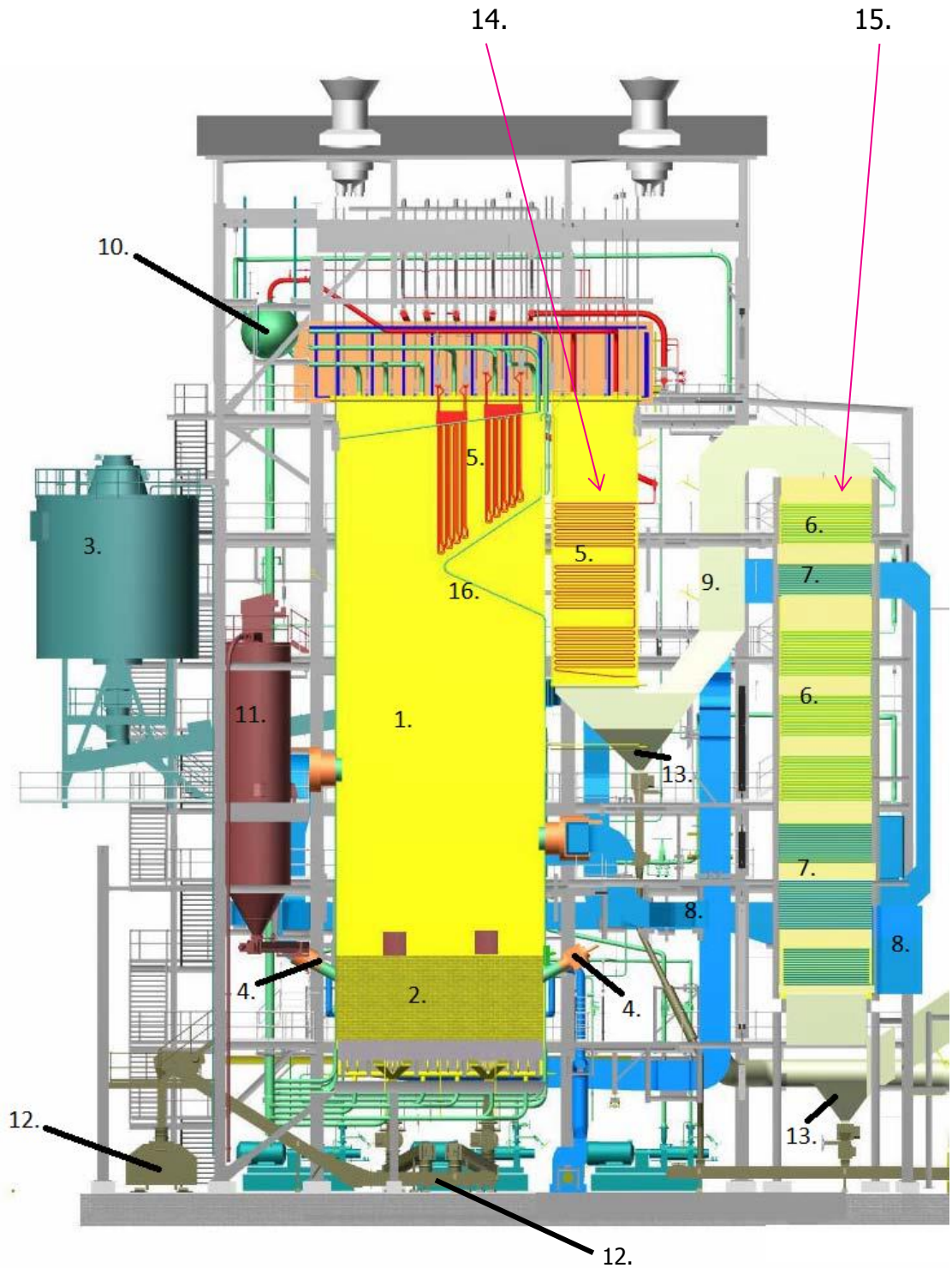
3.1 Voimakattilan rakenne

Kerrosleijukattilassa tulipesään syötetään noin 0,5–0,8 metrin kerros hiekkaa, joka saadaan leijumaan puhaltamalla siihen ilmaa alapuolelta. Polttoaine palaa tässä leijuvassa hiekkapedissä. Polttoaine syötetään tulipesään syöttötorvista; painovoimaa apuna käyttäen saadaan polttoaineelle tarpeeksi korkea syöttönopeus (Andritz Oy, 2016).

Kerrosleijukattilat soveltuvat hyvin myös huonolaatuisen ja kostean polttoaineen käyttöön. Tulipesään syötetty kostea polttoaine hautautuu leijupedin kuumaan hiekkään, kaasuuntuu siellä ja lopulta syttyy palamaan. (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)

Alla on lueteltu voimakattilan tärkeimpiä osia ja laitteistoja. Laitteistojen sijoitukset on ilmoitettu kuvassa 1.

1. Tulipesä
2. Leijupeti ja muuraus
3. Kiinteäpolttoainejärjestelmä
4. Käynnistyspolttimet
5. Tulistimet
6. Ekonomaiserit eli syöttövedenveden esilämmittimet
7. Ilman esilämmittimet
8. Ilmakanavisto
9. Savukaasujärjestelmä
10. Lieriö
11. Hiekkajärjestelmä
12. Pohjatuhkajärjestelmä
13. Lentotuhkajärjestelmä
14. 2-veto
15. 3-veto
16. Nokka



KUVA 1 BFB-Voimakattilan rakenne (Andritz Oy, 2016)

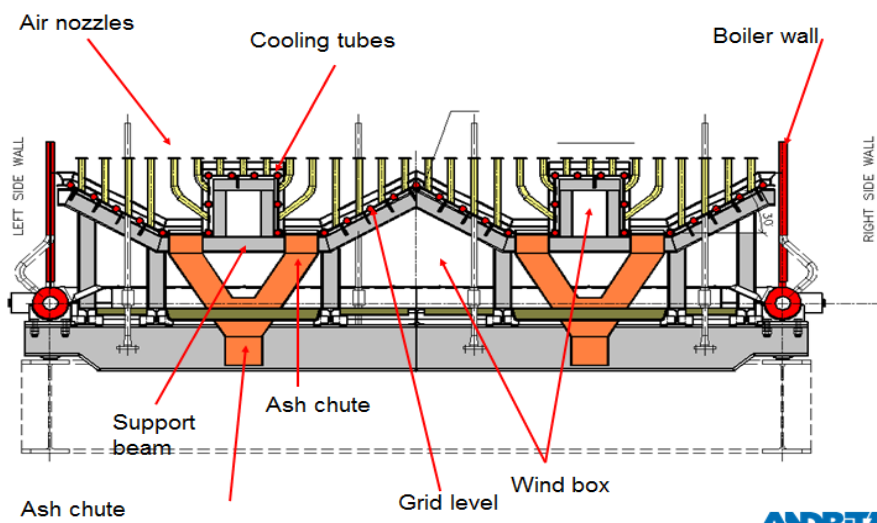
3.2 Ilman ja savukaasun kierto BFB-kattilassa

Kattilaan otetaan ilmaa primaari-, sekundaari- ja tertiaarikanaviston kautta. Ilmaa käytetään palamisreaktiossa, eri järjestelmien jäähdytyksessä ja polttoaineen levittämässä kattilaan.

Palamisreaktiossa syntyviä savukaasuja käytetään veden lämmittämiseen ja höyryttämiseen sekä höyryn tulistukseen. Lisäksi sitä voidaan käyttää palamisilman esilämmitykseen.

3.2.1 Primaari-ilma

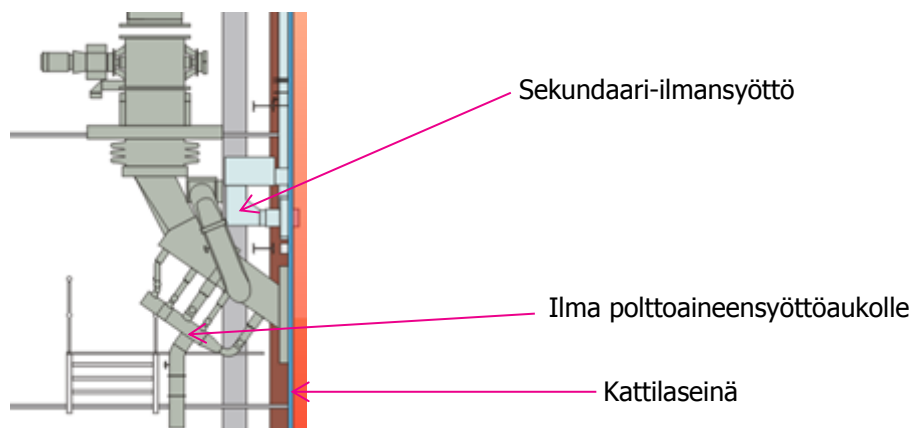
Primaari-ilman tehtävänä on saada hiekkapeti leijumaan ja kattaa n. 30 – 40 % palamisilmasta. Leijutusilman nopeus on 0,7 – 1,4 m/s kattilan kuormituksen mukaan. (Andritz Oy, 2016)



KUVA 2 Kattilan pohja ja primaari-ilmansuuttimet (Andritz Oy, 2016)

3.2.2 Sekundaari- ja tertiaari-ilma

Sekundaari- ja tertiaari-ilman tehtävänä on saada aikaan otolliset olosuhteet palamisreaktiolle. Ilmaukkojen oikeaoppisella sijoittamisella saadaan täydellisempi palamisreaktio ja samalla voidaan vähentää typpipäästöjä merkittävästi. Sekundaari-ilmaa käytetään kattilan palamisilmana, kuorma- ja starttipoltinten jäähdytys- ja palamisilmana sekä kiinteän polttoaineen kantoilmana (kuva 3). Sekundaari palamisilma on jaettu kahteen kerrokseen, joista alemmat sijaitsevat polttoainetorvien tasalla. Ylemmät sekundaariaukot sijaitsevat polttoaineensyöttöaukkojen yläpuolella ja tertiaariaukot sijaitsevat vielä ylempänä kattilassa. (Andritz Oy, 2016)



KUVA 3 Polttoainetorvi ja sekundaari-ilmasuutin (Andritz Oy, 2016)

3.2.3 Startti- ja kuormapolttimet

Kattilaa käynnistettäessä pedin lämpötilaa nostetaan öljy- tai kaasutoimisten käynnistyspoltinten avulla ja kiinteän polttoaineen syöttö aloitetaan hitaasti. Polttimet sammutetaan, kun lämpötila on noussut tarpeeksi korkealle (n. 650 °C), jotta kiinteän polttoaineen palamisreaktio saadaan kontrolloitavaan tilaan. Käynnistyspoltin on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4 Käynnistyspoltin (Andritz Oy, 2016)

Kuormapolttimia käytetään kattilan kapasiteetin ylläpitämiseen, jos polttoaineensyötössä on ongelmia. Niitä käytetään myös apupolttimina, jos kiinteä polttoaine on kostea tai muuten vaikeapolttoista. Kuormapolttimet sijaitsevat ylempänä kattilassa. (Andritz Oy, 2016)

3.2.4 Ilman esilämmittimet

Ennen tulipesään syöttämistä täytyy ilma lämmittää esilämmittimillä sopivaan lämpötilaan. Esilämmittimiä on kahdenlaisia, höyryesilämmittimiä ja savukaasuesilämmittimiä. Höyryesilämmittimet sijaitsevat ilmakehässä puhaltimien jälkeen ja savukaasuesilämmittimet sijaitsevat 2- tai 3-vedossa kattilatyypin mukaan. Höyryesilämmitin käyttää lämmittämiseen prosessihöyryä ja savukaasuesilämmitin savukaasujen lämpöä. Kuvissa 5 ja 6 on esitetty molemmat esilämmittintyyppit. Savukaasuesilämmittimen kuvassa näkyvissä rei'issä kulkee palamisilmaa. Höyryesilämmittinkuvassa näkyvän ritilän sisällä kulkee höyryä, joka lämmittää sen läpi kulkevaa palamisilmaa.



KUVA 5 Savukaasuesilämmitin (Andritz Oy, 2016)



KUVA 6 Höyryesilämmitin (Andritz Oy, 2016)

3.2.5 Savukaasut ja niiden puhdistus

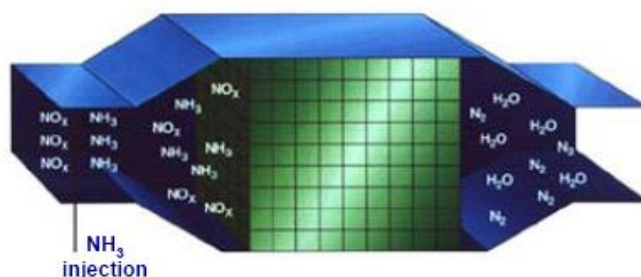
Palamisessa syntyvät savukaasut ohjataan savukaasukanavaan tulistimien, keittopinnan, ekonomaiserien eli syöttöveden esilämmittimien ja palamisilman esilämmittimien ohi.

Palamisreaktiossa syntyvää tuhkaa kerätään tulipesän pohjalla olevilla pohjatuhkasuppiloilla. Savukaasussa olevaa tuhkaa kerätään 2-vedon ja 3-vedon pohjalla oleviin tuhkasuppiloihin. Viimeisenä savukaasusta poistetaan tuhkaa sähkösuotimessa tai letkusuotimessa. Sähkösuotimessa tuhkapartikkelit varataan sähköisesti. Varautunut tuhka osuu keräyspintaan, josta se sitten ohjataan tuhkasuppiloihin. Letkusuotimessa savukaasu ohjataan 6 - 10 metriä pitkien kangassuodattimien läpi. Letkusuotimen etu on mahdollisuus poistaa savukaasusta myös happamia kaasuja. Haittoja ovat

kangassuodattimien vaihto 3 - 5 vuoden välein ja hieman suuremmat painehäviöt. Loput savukaasusta puhalletaan savukaasupuhaltimen avustuksella savupiipusta ulos.

Päästöjen vähentämiseen savukaasusta käytetään SNCR- ja SCR-järjestelmiä. SNCR-järjestelmässä (Selective Non-Catalytic Reduction) tulipesässä ruiskutetaan ammoniakki-vesiliuosta tai ureaa. SNCR-suuttimet sijaitsevat tulipesässä kahdessa tai kolmessa kerroksessa. SCR-järjestelmässä (Selective Catalytic Reduction) savukaasut ohjataan katalyytin läpi. SCR-järjestelmä otetaan käyttöön, kun tarvitaan vieläkin pienempiä NO_x-päästöjä. SCR-järjestelmälle on olemassa kaksi eri sijoituspaikkaa; kattilan ekonomaiserialueella lämpötiloissa 300–350 °C tai letku- tai sähkösuotimessa 220 °C lämpötilassa.

Ekonomaisierissa oleva katalyytti kärsii savukaasun epäpuhtauksista. Letku- tai sähkösuotimessa oleva katalyytin jälkeen taas tarvitaan lämmönsiirtopinta viilentämään savukaasut oikeaan lämpötilaan. SCR-järjestelmässäkin savukaasujen sekaan suihkutetaan ammoniakki-liuosta ennen katalyyttia. On myös olemassa hybridijärjestelmiä, joissa SNCR-järjestelmän kautta syötetään yliannostus ammoniakki-liuosta myös SCR-järjestelmän käyttöön. SCR-järjestelmän toimintareaktio on esitetty kuvassa 7. (Andritz Oy, 2016)



Active Catalyst: Vanadium and Tungsten

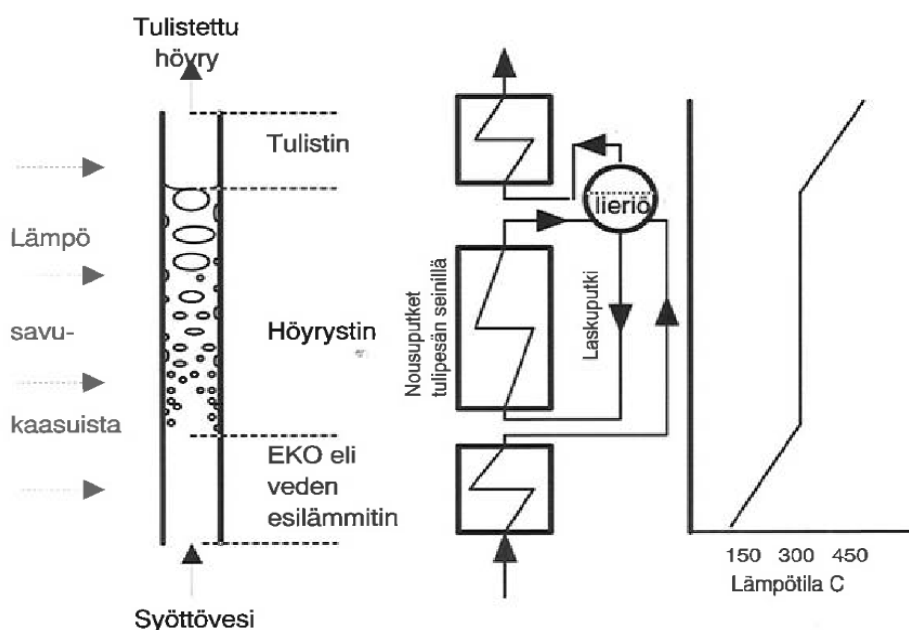
KUVA 7 Katalyytin toiminta (Andritz Oy, 2016)

3.2.6 Kiertokaasujärjestelmä

Ennen savupiippua on kiertokaasujärjestelmän ottokanava. Kiertokaasu johdatetaan savukaasupuhaltimien jälkeen erillistä kanavaa pitkin kiertokaasupolttimelle, jolla sen paine nostetaan samalle tasolle primaari-ilman kanssa. Kierrätettyä savukaasua sitten syötetään primaari-ilman sekaan. Tällä menetelmällä voidaan kontrolloida pedin lämpötilaa. Pedin lämpötilaa pyritään pitämään 800–900 °C, jotta saavutettaisiin hyvä palaminen ja samalla vältettäisiin tuhkan sulaminen (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)

3.3 Veden ja höyryn kierto BFB-kattilassa

Kerrosleijukattila on luonnonkiertoon perustuva kattila, jossa virtaus perustuu tiheyseroon kylläisen veden ja vesi-höyryseoksen välillä laskuputkissa ja höyrystinpinnoilla. Luonnonkierron etuja ovat edullinen ja yksinkertainen konstruktio, lisäveden vedenkäsittelytarve on pienempi ja pakkokierto-pumppuja ei tarvita. Luonnonkierto on esitetty kuvassa 8. (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)



KUVA 8 Luonnonkiertokattilan vesipiiri (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)

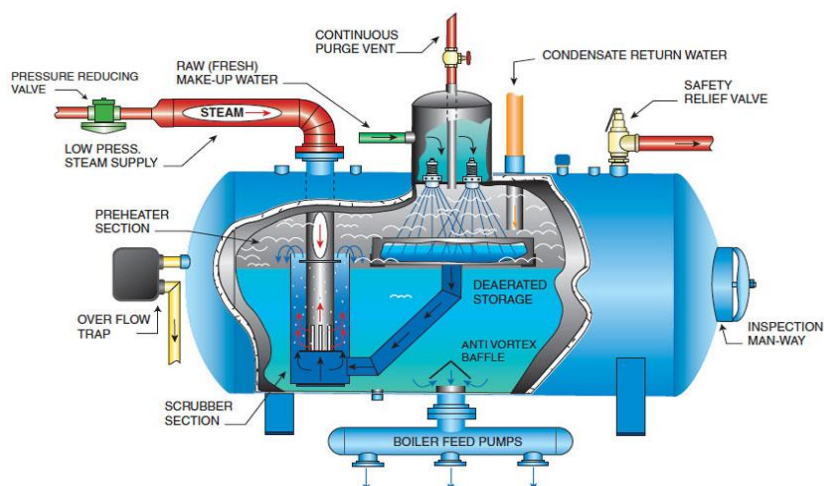
Lämmönsiirto savukaasuista putkissa olevaan veteen tai höyryyn tapahtuu konvektiolla, joka on yksi kolmesta lämmönsiirtymistavasta:

1. johtuminen (Conduction) eli lämmön siirtyminen aineen sisällä
2. säteily (Radiation) eli hiukkasten tai energian siirtymistä säteilylähteestä kohteeseen.
3. konvektio (Convection) eli lämpö siirtyy virtaavan aineen mukana.

Konvektio on siirtymistavoista kaikkein tehokkain ja sitä on olemassa kahta erilaista: vapaata ja pakotettua. Pakotetussa konvektiossa nesteen tai kaasun virtaus aiheutuu ulkoisista syistä esim. metallitangon upottaminen veteen. Vapaassa konvektiossa virtaus tapahtuu itsestään eli virtaus aiheutuu tiheyeroista voimakentässä esim. veden kiehuminen. (Lappeenrannan teknillinen yliopisto, 2006)

3.3.1 Syöttövesi

Veden kierto kattilassa alkaa syöttövesipumpuilta ja syöttövesisäiliöstä. Syöttövesisäiliön tehtävä on esilämmittää syöttövedettä ja poistaa vedestä liukenevia kaasuja. Syöttövesipumppujen tehtävä on kaasunpoiston jälkee pumpata vesi ekonomaiserin kautta lieriöön (kuva 9).



KUVA 9 Syöttövesisäiliö (Powerhouse, 2012)

3.3.2 Ekonomaiserit

Seuraavaksi vesi kiertää ekonomaiserin läpi. Ekonomaiserien eli syöttöveden esilämmittimen tarkoitus on lämmittää vesi lähelle kyllästymispistettä, mutta kuitenkin sen alapuolelle. Voimakattiloissa käytetään yleensä 2- tai 3-vetoon sijoitettuja ekonomaisereita. Ekonomaiserit koostuu riviin sijoitetuista taivutetuista putkielementeistä, jollainen on esitelty kuvassa 10. (Andritz Oy, 2016)



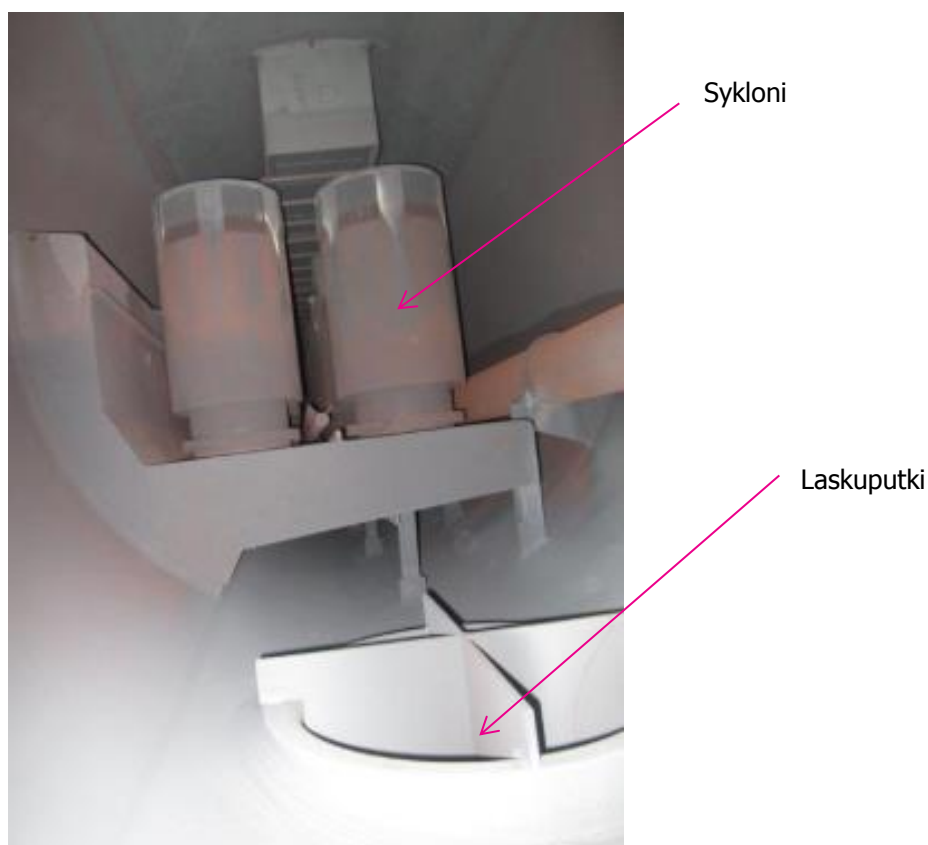
KUVA 10 Ekonomaiserin putkielementeitä (Andritz Oy, 2016)

3.3.3 Lieriö

Seuraavaksi esilämmitetty vesi siirtyy lieriöön (kuva 11), josta se siirretään laskuputkia pitkin höyrystinpinnoille. Vesi tulee höyrystä takaisin lieriöön, jossa sitä kuivataan erottelemalla siitä vettä. Vesi erotellaan höyrystä lieriön sisällä olevilla syklonierottajilla ja demistereillä (kuva 12). Lisäksi lieriö toimii varastona kyllästetylle vedelle. Moderneissa höyrykattiloissa käytetään yhtä lieriötä. (Andritz Oy, 2016)



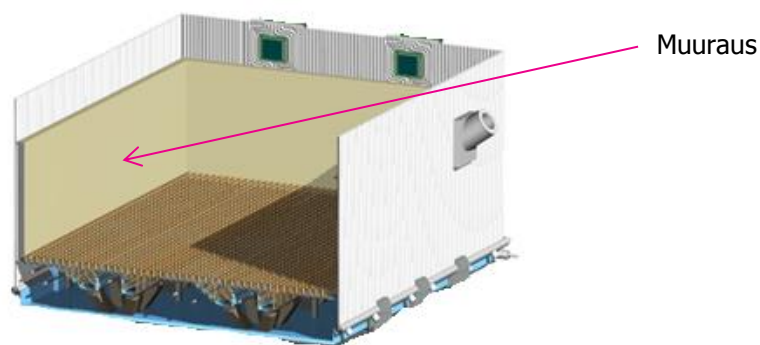
KUVA 11 Lieriö ulkoa (Tammervoima, 2014)



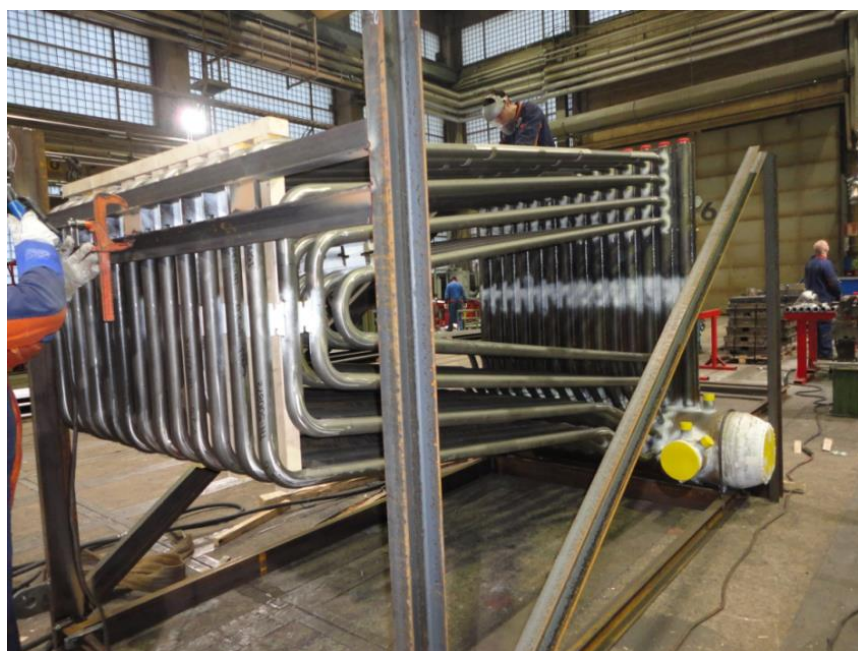
KUVA 12 Lieriön sisällä (Andritz Oy, 2016)

3.3.4 Höyrystinpinnat

Vettä höyrytetään tulipesän seinissä, katossa ja keittopinnassa. Päähöyrystys tapahtuu kattilan tulipesän seinissä, mutta jotta savukaasun lämpötila ei laske tulistusta ajatellen liian pieneksi, voidaan osa höyrystämisestä suorittaa tulistimen jälkeisellä keittopinnalla (kuva 14). Tulipesän alaosa on muurattu, muurauksen tehtävänä on suojata seinäputkia eroosiolta ja helpottaa kosteampien polttoaineiden palamista (kuva 13). (Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)



KUVA 13 Tulipesän höyrystinpintoja suojaava muuraus (Andritz Oy, 2016)

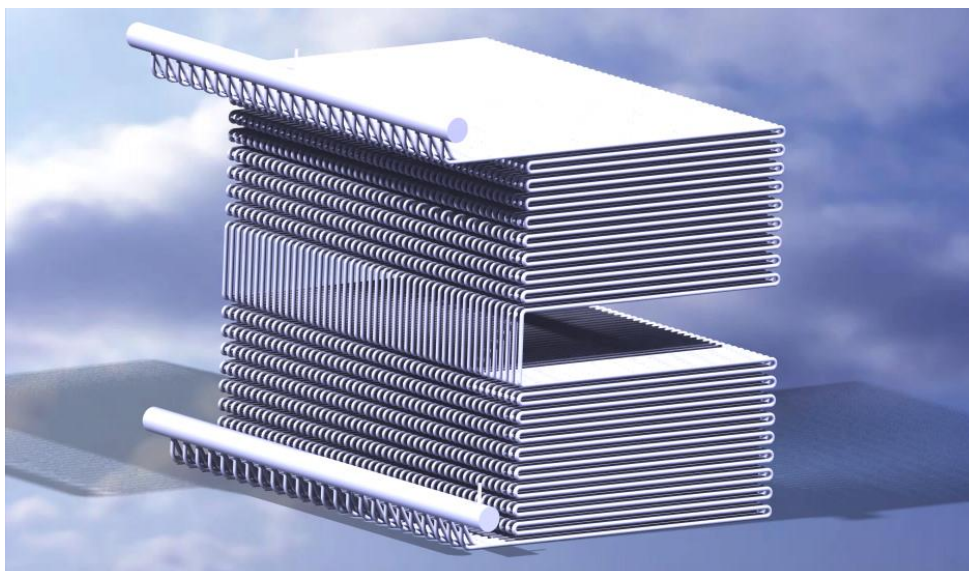


KUVA 14 Keittopinta (Andritz Oy, 2016)

3.3.5 Tulistimet

Tulistimien tarkoituksena on tulistaa höyry, jotta sitä voidaan syöttää höyryturbiinille. Tulistuksella tarkoitetaan höyryn lämmittämistä yli höyrystymispisteen. Tulistettu höyry pystyy luovuttamaan lämpöä tiivistymättä.

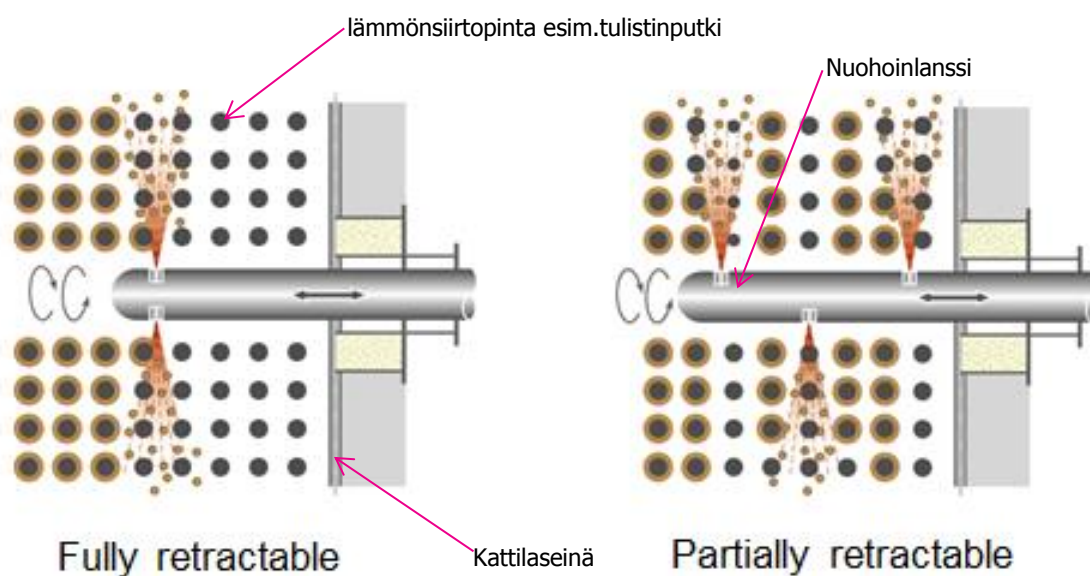
Primaaritulistin on yleensä 2-vedossa sijaitseva vaakatasossa oleva tulistin (kuva 15). Sekundaari- ja tertiaaritulistimet roikkuvat tulipesässä nokan yläpuolella. Suuremmissa kattiloissa primaaritulistin on sijoitettu roikkuvaksi sekundaari- ja tertiaaritulistimen jälkeen. Nokan tehtävänä on saada savukaasut kulkemaan optimaalista reittiä ja maksimoida lämmön siirtyminen putkipinnoille. (Andritz Oy, 2016)



KUVA 15 Primaaritulistimen 3D-malli (Komarudin, 2013)

3.3.6 Nuohoimet

Nuohoimilla puhdistetaan lämmönsiirtopintoja (keittopinta, tulistimet, ekonomaiserit, ilman esilämmittimet) käyttäen höyryä. Höyry purkautuu nuohoinlanssin rei'istä ja puhdistaa pinnat. Kaikkein lähimpänä nuohointa oleviin putkipintoihin on asetettu suojalevyt korroosion estämiseksi. Nuohointyyppinä on kahdelaisia, täysin ulosvedettäviä ja osittain ulosvedettäviä. Molemmat nuohointyyppit on esitelty kuvassa 16.



KUVA 16 Nuohoimen toiminta (Andritz Oy, 2016)

3.3.7 Ulospuhallus

Syöttöveden mukana kattilan vesikiertoon tulee jatkuvasti haihtumattomia aineita. Nämä epäpuh-
taudet rikastuvat kattilaveteen ja huonontavat sen laatua. Tämän takia lieriöstä puhalletaan ulos jat-
kuvasti epäpuhdasta vettä, jonka määrä voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$Z = (a - b)/(A - a), \quad (1)$$

jossa

Z = ulospuhallusvirran suhde höyryvirtaan

a = syöttöveden suolapitoisuus (mg/kg)

b = höyryn lauhteen suolapitoisuus (mg/kg)

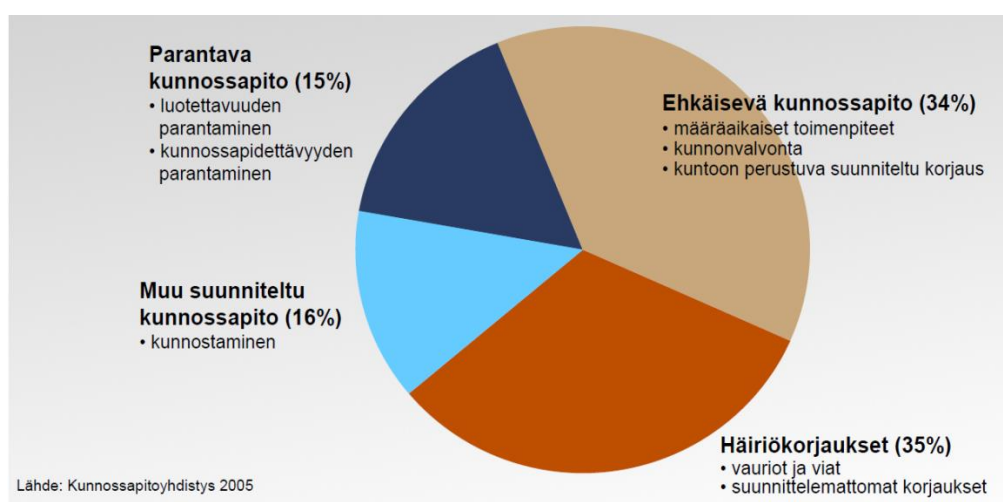
A = kattilan sallittu suolapitoisuus (mg/kg).

Ulospuhallettavan veden määrä on yleensä n. 1 – 2 % höyryn tuotannosta. Tällä menetelmällä saa-
daan kattilavesi pidettyä laadukkaana ja vältetään suolakerrostumiselta tulistinputkien sisäpinnoilla.
(Huhtinen;Korhonen;Pimiä;& Urpalainen, 2013)

4 HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Kunnossapidolla tarkoitetaan asioiden pitämistä toimintakuntoisina niiden suunnitellun eliniän ajan. Kunnossapito ja huolto eivät ole synonyymejä. Huolto on konkreettista toimintaa koneiden ja laitteiden halutun toiminnan varmistamiseksi. Kunnossapito on taas käsitteenä huomattavasti laajempi, ja konkreettisten toimenpiteiden lisäksi siihen liittyy ajattelutapa.

Kunnossapidon osuus Suomen kansantalouden kaikista kuluista on merkittävä; vuonna 2005 koko kansantaloudessa siihen panostettiin n. 24 miljardia € ja teollisuudessa 3,5 miljardia €. Teollisuuden kunnossapidon kustannusten jakaantuminen on esitetty kuvassa 17. (Kunnossapitoyhdistys ry, 2007)



KUVA 17 Kunnossapidon kustannusten jakautuminen (Kunnossapitoyhdistys ry, 2007)

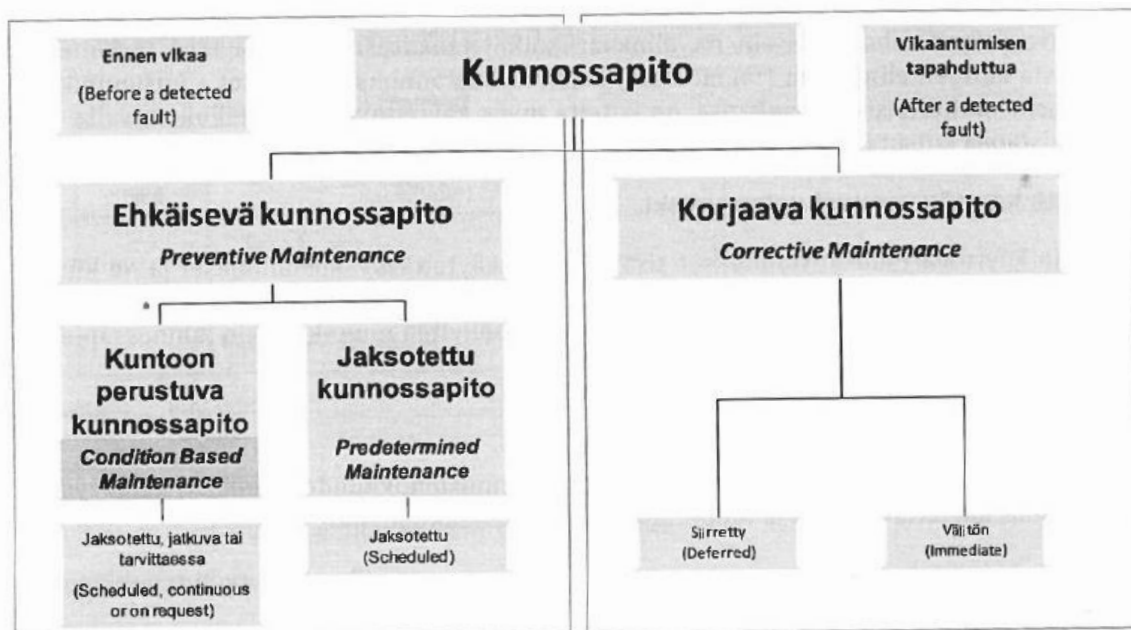
4.1 Kunnossapidon määrittely

EU:n standardi SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon: "Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon." (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011)

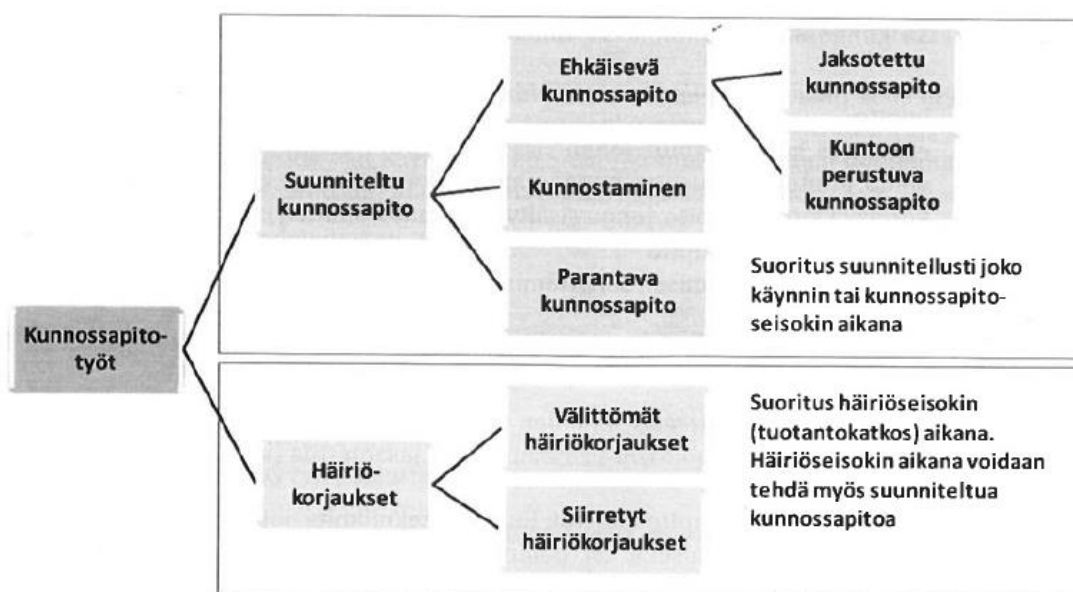
Standardi PSK 6201 määrittelee kunnossapidon: "Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinajan aikana." (PSK Standardisointi, 2011)

4.2 Kunnossapitolajit

Standardit SFS-EN 13306 ja PSK 7501 jaottelevat kunnossapitolajit eri tavalla. SFS-EN 13306 jakaa lajit vian havaitsemisen mukaan ja PSK 7501 jakaa lajit sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön (kuvat 18 ja 19).



KUVA 18 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan



KUVA 19 Kunnossapitolajit PSK 7501 mukaan

Jokapäiväisessä kunnossapitotoiminnassa voidaan kuitenkin tunnistaa viisi pääalajia, jotka ovat:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito, johon sisältyy jaksotettu kunnostaminen, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito sekä ennustava kunnossapito
- korjaava kunnossapito, johon sisältyvät kunnostaminen ja korjaaminen
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen.

(Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.2.1 Huolto

Huolto tarkoittaa kohteen käyttöominaisuuksien ylläpitoa tai heikenneen toimintakyvyn palauttamista ennen vian tai vaurion syntymistä. Jaksotettu huolto tehdään määrävälein, jotka määräytyvät käyttöajan tai -määrän sekä rasittavuuden mukaan. Jaksotettuun huoltoon kuuluu seuraavat toimet:

- toimintaedellytyksen vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito
- puhdistus
- voitelu
- huoltaminen, huolto
- kalibrointi
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen.

Huollon ja ehkäisevän kunnossapidon välillä on päällekkäisyyksiä. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.2.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan keinoja, joilla seurataan kohteen suorituskykyä tai parametreja. Päämääränä on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä tai sitä tehdään vain vaadittaessa. Tulosten perusteella voidaan suunnitella ja aikatauluttaa kunnossapitotehtäviä. Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu mm.

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- testaaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi.

Kunnonvalvontaa tehdään sekä toiminnan että seisokin aikana. Kunnonvalvonnan avulla etsitään oireilevia vikoja tai todetaan havainnoilla kohteen toimintakunto. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.2.3 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito tarkoittaa vikaantuvaksi todetun osan tai komponentin palauttamista käyttö-kuntoon eli korjaamista. Korjaavan kunnossapidon suoritusajkojen avulla on mahdollista laskea sekä komponentin että osan elinaika. Korjaavaksi kunnossapidoksi voidaan laskea sekä suunniteltu kun-nostus että suunnittelematon häiriönkorjaus. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toi-menpiteet:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- väliaikainen korjaus
- toimintakuntoon palauttaminen.

(Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

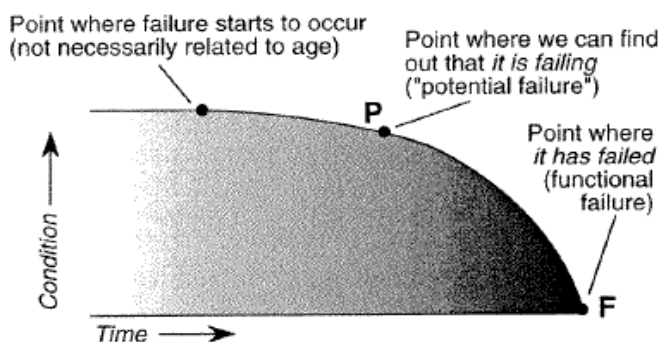
4.2.4 Parantava kunnossapito

Voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä kohdetta uudistetaan uusilla osilla tai komponenteilla, mutta suorituskykyä ei suoranaisesti muuteta. Toinen ryhmä muodostuu uudelleen-suunnitteluista ja korjauksista, joiden avulla parannetaan laitteen epäluotettavuutta, mutta ei vaiku-teta suorituskykyyn. Kolmanteen pääryhmään kuuluvat modernisaatiot, joissa kohteen suorituskykyä muutetaan. Yleensä modernisoinnissa uudistetaan koneen lisäksi myös valmistusprosessia. Tilannet-ta esiintyy yhä useammin, kun koneen elinjakso on pidempi kuin valmistettavan tuotteen elinkaari. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.3 Vikaantuminen

Jokainen laite on suunniteltu toimimaan moitteettomasti. Jos laite on suunniteltu ja valmistettu oi-kein ja oikeista materiaaleista ja sitä käytetään ja ylläpidetään oikein ja oikeissa olosuhteissa, laite ei vikaannu

Viat eivät synny tyhjästä, vaan jokaisella vialla on oma syntymä- ja kehittymismekanismi. Vika on yleensä pitkän kehitysketjun viimeinen vaihe. Kun vian kehitysketjuun pääsee kiinni jo varhain, voi-daan vaurioitumista välttää huomattavasti ja samalla kunnossapidon määrä vähenee. Vikojen määrä heijastaakin koneen käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaitoa. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)



KUVA 20 PF-käyrä, jolla ilmaistaan vikaantumisen vaiheita (Moubray, 1997)

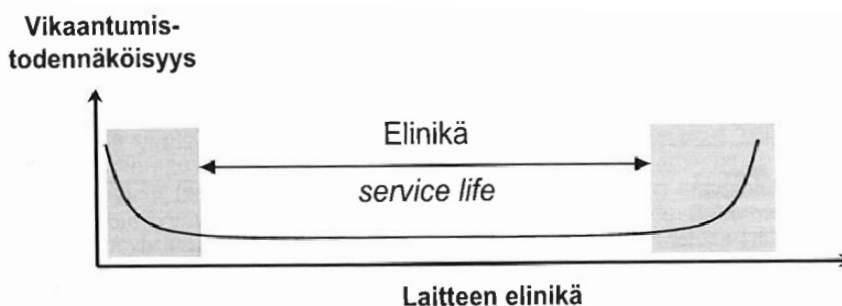
Suurin osa kohteista ilmoittaa, jos toiminnassa on jokin vika ennen varsinaista vikaantumista. Jos huomataan kohteen olevan lähellä vikaantumista, voi olla mahdollista pelastaa kohde oikealla toiminnalla. Kuvassa 20 on esitetty viime hetken tapahtumat ennen vikaantumista, tätä kutsutaan PF-käyräksi. Kuvassa P tarkoittaa pistettä (potential failure), jossa mahdollinen vikaantuminen on mahdollista huomata ja F vikaantumista (functional failure), jota kohti mennään kiihtyvällä vauhdilla, jos ongelmaa ei huomata.

Jos vikaantuminen on samankaltaista ja riittävän hidasta, vian tunnistamiseen ja rikkoontumisen väliin jää tarpeeksi aikaa suunnitella korjaavat toimenpiteet. Tällä keinoin voidaan määrittellä tarkastusväliä koneelle kyseisen vikaantumistavan suhteen. Kaikista vikaantumisista n. 30 – 40 % on mahdollista löytää pelkästään oireilun perusteella. (Moubray, 1997)

4.3.1 Vikaantuminen ja aika

Kaikki tarkoituksen omaavat koneet altistuvat monille erilaisille rasituksille. Erilaiset rasitukset heikentävät kohdetta pienentämällä sen rasituksensietokykyä ja jossain vaiheessa kohde ei enää kestä rasituksia ja vikaantuu. Rasitukselle altistumista mitataan useilla eri tavoilla: kuljettu matka, toimintasyklit, kalenteri tai juokseva aika. Kaikkia yksikköjä yhdistävä tekijä on aika, joten yleinen tapa mitata rasitukselle altistumista on ikä. (Moubray, 1997)

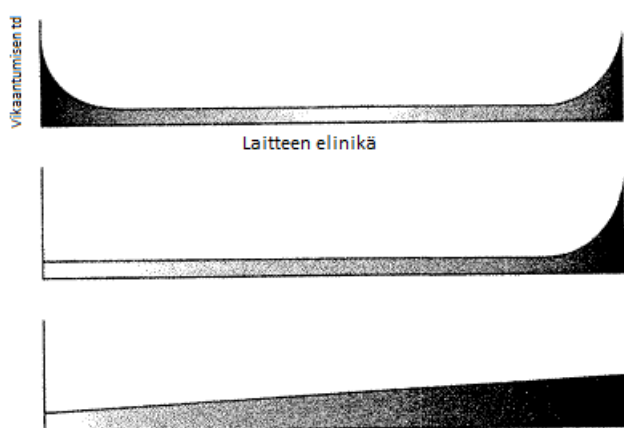
Perinteinen käsitys vikaantumisesta ja sen myötä laitteen eliniästä on kuvassa 21 esitetty ns. "kylpyammekäyrä". Eli vikaantumistodennäköisyys olisi suurempi alun "sisäänajokaudella" ja eliniän lopussa.



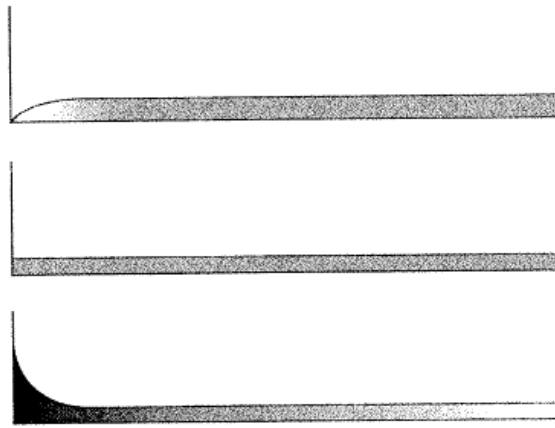
KUVA 21 Perinteinen käsitys laitteen eliniästä (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

Tämä käsitys kyseenalaistettiin jo 1960-luvulla, kun amerikkalaiset Nolan ja Heap suunnittelivat lentokoneiden huolto- ja tarkastusoppaita. Kyseisellä kylpyammemallilla vikaantumista ei saatu hallintaan, vaikka 85 % lentokoneen osista vaihdettiin säännöllisesti. Vuonna 1978 Nolan ja Heap saivat valmiiksi tutkimuksensa, jossa he löysivät kuusi toisistaan poikkeavaa vikaantumismallia. Vikaantumismallit voidaan jakaa kahteen ryhmään:

- aikaan pohjautuva vikaantuminen (kuva 22)
- satunnainen vikaantuminen (kuva 23)



KUVA 22 Aikaan perustuva vikaantuminen (Moubray, 1997)



KUVA 23 Satunnainen vikaantuminen (Moubray, 1997)

Moubrayn mukaan teollisuudessa esiintyvistä vioista 80 % kuuluu satunnaisuuteen perustuvaan vikaantumiseen. Käytännössä tämä romuttaa vanhan allaskäyrän ja aikaan perustuvan toimintamallin.

Aikaan perustuvaa vikaantumista esiintyy yksinkertaisilla laitteilla sekä komponenteilla, jotka ovat suorassa kontaktissa tuotteiden ja materiaalien kanssa esim. pumppujen juoksupyörät tai kitkapinnat. Nykyiset laitteet ovat monimutkaisia ja yhteisvaikutuksena komponenttikohtaiset vikaantumismallit jäävät monimutkaisuuden alle, jolloin vikaantumisen suhteellinen todennäköisyys on vakio eli noudattaa kuvan 23 alinta mallia. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.3.2 Vikaantumisen syyt

Japanilaiset ovat päätyneet viiteen vikaantumisen pääsyyhyn:

- laitteita käytetään väärin, oikeita tapoja ei joko tunneta tai suhtautuminen on väärä.
- käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaidot ovat puutteelliset
- laitteen ikääntymisestä johtuvaa toimintakyvyn heikkenemistä ei havaita tai korjata tai se hyväksytään
- läyttöolosuhteet laitteelle eivät ole optimaaliset esim. likaisuus
- laitteen suunnittelu on jäänyt vajaaksi ja jätetty huomioitta todellisen käyttö ja olosuhteet. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.4 Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu

SFS-standardi 13306 sanoo ehkäisevästä kunnossapidosta: ”Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä” (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2011)

PSK-standardi 6201 sanoo ehkäisevästä kunnossapidosta: ”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.” (PSK Standardisointi, 2011)

Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneen käydessä sekä esim. seisokkien yhteydessä. Ehkäisevään kunnossapitoon ei kuulu parantava kunnossapito ja vikojen analysointi, vaikka niilläkin tavoitellaan vikaantumisen vähentymistä. Parantava kunnossapito ja vikojen analysointi ovat luonteeltaan kertaluonteisia ja niistä uupuu säännöllisyys.

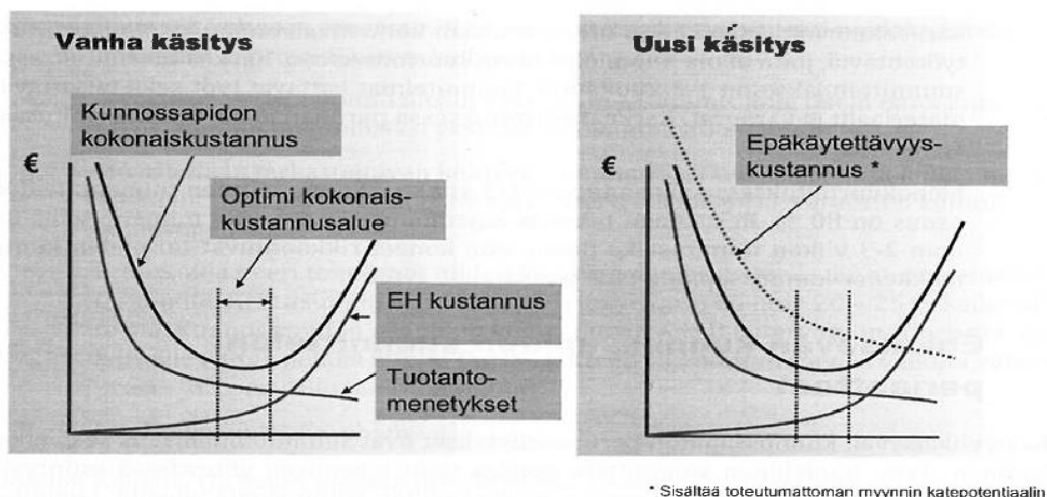
Ehkäisevän kunnossapidon keinoin voidaan prosessin luotettavuus asettaa tasoon täysin varma. Tavanomaisessa teollisuudessa kyseisen luotettavuustason tavoittelu saattaa olla liian kallista, jolloin taso asetetaan matalammalle. Luotettavuustason ”korkeus” on näin ollen taloudellinen asia.

Ehkäisevän kunnossapidon tehokkuus määrittelee sen, kuinka hyvin kunnossapitoa voidaan suunnitella ja aikatauluttaa etukäteen. Hyvän kunnossapidon tunnistaa siitä, että n. 80 % työkuormasta tiedetään jo n. kolme viikkoa etukäteen. Tällöin toimenpiteet voidaan suunnitella, varaosat ja tarvikkeet ostaa ja aikatauluttaa työt siten, että ne haittaavat tuotantoa mahdollisimman vähän. Sen sijaan jos työt havaittaisiin vasta vikaantumisen jälkeen, aikaa ei olisi tarpeeksi suunnittelulle ja varustautumiselle.

Ehkäisevää kunnossapitoa kannattaa tehdä, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- ehkäisevän kunnossapidon kustannukset ovat pienemmät kuin puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset. Tämä ehto vastaa myös kysymykseen kuinka paljon on järkevää tehdä ehkäisevää kunnossapitoa
- kohteelle ja ehkäistäväälle vikamuodolle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä

Moubrayn mukaan ehkäisevästä kunnossapidosta 40 - 70 % tehdään turhaan. Ennakoivan kunnossapidon tehtäviä tehdään liian usein ja paljon. Lisäksi menetelmät ovat tehottomia. Kunnossapitokustannusten optimoinnin periaate on esitetty kuvassa 24. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)



KUVA 24 Ehkäisevän kunnossapidon optimointi (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

Tehokkaan ehkäisevän kunnossapidon perusedellytykset ovat suunnitelmallisuus ja aikataulutaminen. Huolellinen suunnittelu poistaa työn tekemisen yhteydessä esiintyviä viiveitä, aikataulutaminen taas poistaa töiden väliin jääviä viiveitä.

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu on eräs kunnossapidon vaikeimpia osa-alueita. perinteisesti ehkäisevän kunnossapidon työlistat on tehty seuraavien tietojen pohjalta:

- aikaisemmat kokemukset vikaantumisesta
- varaosat ja niiden käyttömäärät
- koneen ja osien toimintatapa
- koneen valmistajan suositukset.

Ehkäisevällä kunnossapidolla halutaan siis estää aikaisemmin esiintyneitä rikkoontumistapauksia. Ohjelmat ovat usein ylimitoitettuja tai sisältävät tehottomia menetelmiä. Osasyitä ovat korostunut varmuuden tavoittelu ja ohjeiden tahaton ylimitoittaminen, joilla koneen valmistaja on pyrkinyt varmistamaan tuotteensa moitteettoman toiminnan.

Ehkäisevän kunnossapidon ohjelmilla pyritään välttämään korjaavan kunnossapidon tekemistä, menetelmät täydentävät toisiaan. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

Kohde A (mittaamalla löydetty)	Kustannukset euroina			
	suunniteltu	Ei-suunniteltu	menetetty kate	ero
kuivaussylintereiden laakeriviat (5 kpl)	9 420	11 100	127 150	128 830
kuivaussylintereiden käyttöhammaspyörät (3 kpl)	9 330	22 710	254 300	267 680
kuivausosan huopatelojen laakerit (4 kpl)	2 620	11 990	139 870	149 240
pickup telan moottorivika	1 610	19 690	8 480	26 560
Symsizerin ylätelan käyttövaihde	0	3 890	38 150	42 040
Sulzer-imupumpun moottoriviat (2 kpl)	5 580	81 270	4 240	79 930
Ensovac-imupumpun vika	790	4 870	101 720	105 800
Alaviiran imutelan laakerivika	7 870	7 870	50 860	50 860
Kohteet B (EH-kierroksella löydetyt)				
kaikki kohteet yhteensä	20 720	39 780	500 090	
ennakkokierrosten kustannukset	56 240			462 910
Yhteensä	114 180	203 170	1 224 860	1 313 850

KUVA 25. Ehkäisevän kunnossapidon taloudellinen vaikutus (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

Tehokkaalla ehkäisevän kunnossapidon suunnittelulla on varsin merkittävä taloudellinen merkitys (kuva 25).

Suunnittelun toiminnan kustannukset ovat vain noin puolet suunnittelemattoman toiminnan kustannuksista. Huolestuttava asia onkin, että suunnittelematon toiminta johtaa tuotantohäiriöihin, joiden katemenetys on 10-kertainen suunnittelun kunnossapidon kustannuksiin verrattuna, eli:

- ehkäisevä kunnossapito on merkittävästi halvempi tapa toimia kuin suunnittelematon kunnossapito. Suunnittelun työn on sanottu olevan 4 – 10 kertaa tehokkaampaa kuin suunnittelematon.
- suunnittelematon kunnossapito aiheuttaa välillisiä menetyksiä, jotka ovat merkittävästi suurempia kuin kunnossapidon aiheuttamat välittömät kustannukset.

Yksi merkittävä ja aliarvioitu seikka on työn tehokkuus. Erilaiset asiantuntija-arviot osoittavat, että toimittaessa perinteisellä reagoivalla tavalla, työn todellinen tehokkuus on vain n.35 %. Suomalaisessa 37,5 tunnin työviikossa tämä tarkoittaa tehokkaan kunnossapitotyön määräksi n. 13 tuntia 7 minuuttia. Loppuaika kuluu erilaisiin tukitehtäviin ja viiveisiin. Onkin esitetty, että suunnittelun vaikutuksesta on tuo tehokkuusluku mahdollista saada 55 %:iin. Täten esim. 50 hengen kunnossapitoryhmä, voisi oikeanlaisen kunnossapitosuunnittelun ansiosta tehdä melkein 80 ihmisen työpanoksen. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

4.5 Aikatauluttaminen

Aikatauluttaminen on tärkeää töiden hallinnassa ja sillä on mahdollista saavuttaa seuraavia etuja:

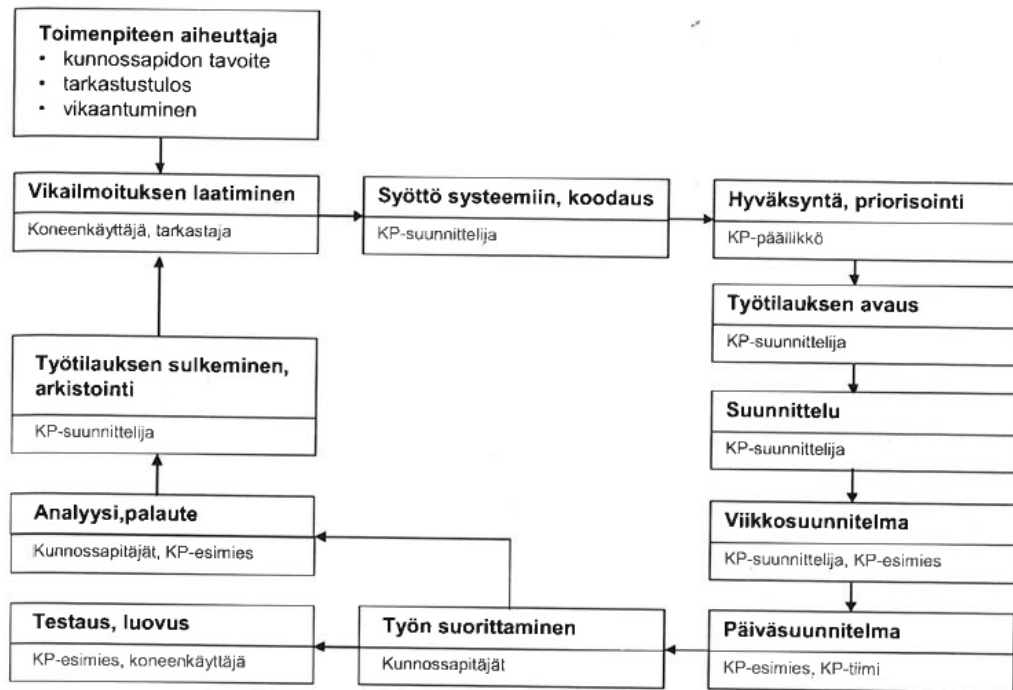
- Työlle on mahdollista määritellä tavoite/ohjeajat, joiden avulla tekemisen tehokkuutta voidaan seurata ja kehittää.
- Aikatauluttamalla voidaan määritellä kunnossapitäjille työtunnit tehokkaimmalla mahdollisella tavalla.
- Työt on mahdollista järjestää mielekkäämmiksi kokonaisuuksiksi sisällön, vaadittavien taitojen sekä tuntimäärien mukaisesti. Käytännössä tämä merkitsee myös sitä, että laajoihin tehtäviin voidaan laittaa riittävä määrä tekijöitä, jotta työ valmistuisi suunnitellussa ajassa.
- Aikatauluilla saadaan tehostettua myös eri kunnossapitotiimien keskinäistä toimintaa, jota tarvitaan esimerkiksi laajemmissa seisokeissa.
- Aikatauluttamalla hallitaan ehkäisevän kunnossapidon työmäärää ja tekemistä.

Aikatauluttaminen toimii parhaiten, kun kunnossapitotiimeille saadaan osoitettua ainakin viikon työt etukäteen. Tehtävien tehokas suunnittelu ja aikataulutus ovatkin yksi tehokkaan kunnossapidon tärkeimmistä ominaisuuksista.

Aikatauluttaminen on monimutkainen prosessi, jonka tehokas toiminta edellyttää muutamien periaatteiden noudattamista:

- Erilaisten tehtävien suorittamisessa vaaditaan tekijältä erilaista ammattitaitoa. Suunnitteluvaiheessa määritellään tekijöiltä vaadittava minimiammattitaito ja osaamisen vaikutus työaikaan. Suunnitelmassa voidaan sitten esittää vaadittava ammattitaito, henkilömäärä, työn kesto sekä seisokin kesto. Tehtäviä ei ensisijaisesti osoiteta ammattitaitoisimmille, jotta saavutetaan hyvä oppimisprosessi ja saadaan vapautettua osaavimmat kunnossapitäjät suunnittelemaan häiriönkorjauksiin.
- Toimenpiteet ajoitetaan niin hyvin, kuin käytettävän työajan mukaan on mahdollista.
- Toimenpiteiden tekeminen mitoitetaan tehokkaan työajan mukaan
- Työkuorma mitoitetaan 100 %:iin; ali- ja ylikuormittamista kannattaa välttää.
- Tiimien vetäjät jakavat päivittäiset työt, tähän sisältyy tehtävien valinta, tekijöiden nimeäminen, resurssien ja lupien järjestäminen sekä mahdollisen korkeamman prioriteetin työn hoitaminen.
- Suunnittelun ja aikatauluttamisen tehokkuutta ja onnistumista mitataan tehokkaan kunnossapitotyön määrällä sekä aikataulujen toteutumisella.

Tavanomaisten tehtävien suunnitteluprosessin kulku on esitetty kuvassa 26. Pienemmät rutiininomaiset toimet käsitellään eri tavalla. (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)



KUVA 26 Kunnossapitotehtävien suunnitteluprosessi (Järviö;Piispa;& Parantainen, 2007)

5 VOIMAKATTILAN TARKASTUKSET JA HUOLTO

Voimakattilat kuuluvat painelaitelain 869/1999 ja Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksen 953/1999 piiriin. Panielaitelain 2. luvussa mainitaan: ” Rekisteröitävälle painelaitteelle on tehtävä määrätyn aikavälein tarkastus (määräaikaistarkastus) sekä tarvittaessa muutostarkastus sen varmistamiseksi, että painelaite ei asianmukaisesti käytettynä vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta tai omaisuutta.” (FINLEX, 1999).

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksessä 953/1999 mainitaan myös, että rekisteröidylle painelaitteelle pitää tehdä

- ensimmäinen määräaikaistarkastus
- seuraavat määräaikaistarkastukset
- käyttötarkastus
- sisäpuolinen tarkastus
- muutostarkastus
- määräaikainen painekoe.

määräaikaistarkastukset voidaan myös korvata painelaitteen seurannalla tai kunnonvalvontajärjestelmällä. (FINLEX, 1999)

Andritz Oy:ssä voimakattiloiden seisokitarkastuksia tarjoaa Service-osasto. Kattilan vuosittaiset tarkastukset pidetään yleensä kattilan seisokkiaikana. Asiakas ilmoittaa ennen tarkastusta, kuinka kauan kattilaa halutaan pitää toiminnassa ennen seuraavaa seisokkia, ja tämä pitää ottaa huomioon kattilaa tarkastettaessa. Seisokit ovat lyhyitä, joten on tärkeää, että tarkastajat pääsevät tarkastukselleen seisokin alussa. Tarkastuksissa tehdyissä havainnoista keskustellaan asiakkaan kanssa ja annetaan korjaustoimenpidesuositukset. Asiakas sitten suorittaa mahdolliset korjaustoimenpiteet loppuseisokin aikana. Tässä työssä suunniteltu huolto-ohje tehtiin pitkälti Service-osaston tarkastuskierroksen mukaan.

5.1 Yleisimmät vikaantumiset kattilassa

5.1.1 Tulipesä

Tulipesän pohjalla yleisimmät viat liittyvät primaarisuuttimiin. Suutinten reiät voivat tukkeutua aiheuttaen epätasapainoa ilmavirrassa ja nostaen ilman nopeutta reiän pienetessä, mikä taas aiheuttaa eroosiota. Toinen iso ongelma on pedin kovettuminen. Kovettumisen aikana petiin muodostuu palamattoman materiaalin alueita, joissa lämpötila nousee (kuva 27). Kovettumia muodostuu yleensä enemmän kattiloissa, joissa käytetään epätasalaatuista polttoainetta.



KUVA 27 Kovettumaa pedissä (Andritz Oy, 2016)

Heikkolaatuisia polttoaineita polttavissa laitoksissa on kattilaseinien korroosio myös yleisempää. Korroosiota syntyy yleisimmin yleisimmin muurausrajan ja ylempien ilma-aukkojen välille. Jos seinissä on korroosioaurioita, niitä on yleensä myös nokassa. Nokan ja kattilaseinien kulumista tarkkaillaan visuaalisesti ja paksuusmittauksilla.

Pedin ympärillä oleva muuraus kärsii yleensä rapistumisesta, jota seurataan pääasiassa visuaalisesti seisokeissa (kuva 28). Muurausta on myös kaikkien kattilaan tulevien aukkojen ympäriltä, jotka on myös hyvä tarkastaa seisokeissa.



KUVA 28 Karissutta muurausta (Andritz Oy, 2016)

Polttoainetorvessa yleisimpiä ongelmia on peltiosien taipumat ja polttoainejäämien kerääntyminen pinnoille. Visuaalinen tarkastus seisokeissa yleensä riittää.

5.1.2 Kattilan yläosa

Tulistimissa yleisimpiä ongelmia ovat siteiden irtoileminen ja nuohoussuojien kuluminen. Kiillottunut kohta muutoin likaisessa tulistinputkessa voi merkitä eroosiota, joten kohtaan kannattaa tehdä paksuusmittaus. Tulistimet tarkastetaan visuaalisesti ja paksuusmittauksilla. Sekundaari- ja tertiäritulistimille ei ole välttämättä pääse kaikissa seisokeissa.



KUVA 29 Kerrostumaa tulistimessa (Andritz Oy, 2016)

Tulistimien jälkeinen keittopinta kärsii samoista ongelmista kuin tulistimet, mutta matalampien savukaasulämpötilojen vuoksi ovat ongelmat myös vähäisempiä. Keittopinnalle tehdään visuaalisia tarkastuksia ja paksuusmittauksia.

Ekonomaiserin tyypillisimmät vauriot johtuvat eroosiosta, varsinkin kattiloissa joita ajetaan isolla kuormalla ympärivuorokautisesti. Ekonomaisereissakin polttoaineen laatu vaikuttaa kulumaan. Ekonomaisereita tarkastetaan visuaalisesti ja paksuusmittauksilla.

Savukaasuesilämmittimissä on pitkälti samoja ongelmia kuin ekonomaisereissa. Lisäksi esilämmittimissä voi olla kylmän pään korroosiota, joka aiheutuu palamisilman ottopuolen alhaisesta lämpötilasta aiheuttaen korroosiolle otolliset olosuhteet (kuva 30). Esilämmittimille riittää visuaalinen tarkastus ja mahdollisesti paksuusmittaus.



KUVA 30 Korroosiota savukaasuesilämmittimen palamisilman kylmässä päädyssä (Andritz Oy, 2016)

Nuohoimen yleisimmät vauriot ovat lanssiputken taipuminen kuumuudesta, lanssireikien tukkeutuminen sekä korroosio- ja eroosiovauriot. Myös nuohoimen kannakkeet kannattaa tarkastaa vaurioiden varalta aina seisokeissa. Väärässä asennossa oleva nuohoinlanssi saattaa hangata kannakkeita vasten, mikä kuluttaa nuohoinlanssin pintaa (kuva 31). Visuaalinen tarkastus on yleensä riittävä, mutta tarvittaessa voi mitata myös paksuuksia.



KUVA 31 Hankauskuvio nuohoimessa (Andritz Oy, 2016)

Kaikkien lämmönsiirtopintojen likaantuminen on mahdollinen ongelma ja liittyy vahvasti käytettyyn polttoaineeseen. Huonolaatuinen polttoaine saattaa luoda kerrostumaa lämmönsiirtopinnalle jo muutamassa päivässä. Lämmönsiirtopintojen puhdistusta ei tarvitse välttämättä tehdä, jos likakerros ei häiritse lämmönsiirtokykyä (kuva 29). Mahdollinen lämmönsiirtokyvyn heikkeneminen on helppo huomata esim. nousseista savukaasunlämpötiloista. Toisaalta seisokitarkastuksissa on vaikeampi huomata mahdollisia pintavaurioita, jos pinnan päällä on paksu likakerros. Puhdistustoimenpiteiden ongelmana taas on, että toimenpiteiden aikana ei kattilassa voi pölyntymisen takia tehdä mitään muuta.

5.1.3 Kanavat

Kanaviston ulkopuolisen tarkastuksen ongelmana on eristys niiden ympärillä, joten tiiviiden varmistamiseksi olisi hyvä päästä ryömimään kanavat läpi sisäpuolelta. Ulkona olevien savukaasukanavien eristyksen olisi oltava riittävän paksu kylmäpistekorroosion estämiseksi.

5.2 Huolto-ohje

Tarkastuslista ja huolto-ohjeet									
		Tarkastettu	Tarkastus pvm.	Tarkastettu	Tarkastus pvm.	Tarkastettu	Tarkastus pvm.	Tarkastettu	Tarkastus pvm.
Tulipesä									
	Arina, primäärisuuttimet ja ilmakaappi								
	Kattilaseinät, jako- ja kokoojakammiot								
	Muuraus								
	Kiinteän polttoaineen syöttötorvi								
	Ilma-aukot								
	Käynnistys- ja kuormapolttimet								
	SNCR- suuttimet								
	Hiekan syöttöaukko								
	Vesitykit								
Kattilan yläosa									
	Tulistimet								
	Nuohoimet								
	Huoltopalkki- ja henkilöaukot								
	Höyrystin								
	Ekonomaiseri								
	Ilman esilämmittimet								
	Savukaasuesilämmitin								
	Höyryesilämmitin								
Ilma- ja savukaasujärjestelmät									
	Ilmakanavat ja rekisterit								
	Savukaasukanavat								
	Letkusuodin								
	Sähkösuodin								
Kiinteäpolttoaine- ja tuhka järjestelmät									
	Kiinteäpolttoainejärjestelmä								
	Pohjatuhkajärjestelmä								
	Lentotuhkajärjestelmä								
Lieriö, säiliöt ja muut									
	Lieriö								
	Päähöyryputki ja varoventtiilit								
	Varojen puhallusputket ja äänenvaimennin								
	Ulospuhallus-, JUP- ja lauhdesäiliö								
	Syöttövesisäiliö ja -pumput								
	Kattilan ja tulistimien kannatustangot								
	Eristys								

KUVA 32 Huolto-ohjeen sisältö

Huolto-ohjeessa päädyttiin lopulta tekemään tarkastukset ja huoltotoimenpiteet pääasiassa paine-runkoon ja muutamaa tärkeään paineettomaan laitejärjestelmään. Tarkastukset alkavat ohjeessa tulipesän pohjalta, josta liikutaan kattilaa ylöspäin ja tarkastetaan samalla seinissä olevat laitteet ja osat (kuva 32).

Huolto-ohjeen teko alkoi tutustumisella Andritzin aikaisempien voimakattilaprojektien seisokitarkastuslistoihin ja Service-osaston tarkastusraportteihin. Raporteissa on selkeästi ilmoitettu tarkastetut laitteet ja osat sekä korjausehdotukset. Korjaus- ja vaihtokriteerien määrittäminen oli hankalampaa, koska kriteereistä ei ole olemassa mitään erityistä listaa. Haastatteleamalla Service-osaston huoltoinsinöörejä saatiin kriteerit painerungon osille kuitenkin selvitettyä.

Osa paineettomista järjestelmistä ei kuulu andritzin toimitukseen vaan ne ostetaan erikseen, esim. nuohoimet ja polttimet. Näille järjestelmille on olemassa valmistajien omat huolto-oppaat, joista saa selville tärkeimmät tarkastettavat ja huoltoa vaativat osat.

1.1 Arina, primäärisuuttimet ja ilmaaappi

- Tarkasta Primäärisuuttimet, poista mahdollinen karsta ja roskat suutinten ympäriltä (Kuva 5).
- Vaihda primäärisuutinten hatut kun levyjen paksuudesta on hävinnyt 50% (Kuva 2 ja Kuva 1)
- Puhdista hiekka arinasta imuroimalla (Kuva 3) (HUOM! EI SAA PESTÄ VEDELLÄ!!)
- Tarkasta pohjatuhkan pudotustorvet ja sulkupellit.
- Tarkasta petin lämpötila-anturit ja niiden suojaputket, vaihda rikkoontuneet (Kuva 3)
- Poista hiekka ja tuhka ilmaaapista imuroimalla ja tarkasta ilmaaapin tiiveys (Kuva 4).



Kuva 2



Kuva 1.

pvm	Toimenpiteet ja huomiotavaa



Kuva 4



Kuva 3



Kuva 5

KUVA 33 Huolto-ohjeen esimerkkisivu

Huolto-ohjeessa keskityttiin helppolukuisuuteen. Tekstiosiossa sanotaan mikä osa pitää tarkastaa ja mihin kiinnittää erityisesti huomiota. Vieressä on paljon selventäviä kuvia tarkastettavista osista. Vasemmassa alanurkassa on tilaa tarkastuspäivämäärän ja erityishuomioiden kirjaamiselle (kuva 33).

6 YHTEENVETO

Työssä perehdyttiin Andritz Oy:n voimakattilateknologiaan ja olemassa olevaan huolto- ja kunnossapitodokumentaatioon. Tavoitteena oli luoda huolto-ohje tuleviin voimakattilaprojekteihin. Ohjeessa olisi määriteltynä tarkastuskohteet, tarkastusohjeet ja osien vaihto- tai korjauskriteerit.

Aihe rajattiin työn alussa koskemaan vain kerrosleijukattiloita, mutta sitä rajattiin vielä lisää työn edetessä. Lopulta ohje käsitti kerrosleijukattilan painerungon, polttoainejärjestelmän, tuhka järjestelmät, ulospuhalluksen ja eristyksen. Huolto-ohjetta tehdessä vaikein osuus oli vaihto- tai korjauskriteerien määrittäminen, koska näistä ei juuri ole kirjallista dokumentaatiota.

Työn tekoa helpotti huomattavasti Andritz Oy:n henkilökunnan tietämys. Työn merkitys Andritz Oy:lle selviää vasta tulevaisuudessa, mutta tekijälle työ on ollut erittäin opettavainen.

LÄHTEET

- Andritz AG. (2016). *Andritz Oy in Finland*. (ANDRITZ Oy) Retrieved 2 23, 2016, from Andritz Oy, Finland - ANDRITZ PULP & PAPER: <https://www.andritz.com/pp-andritz-oy>
- Andritz Oy. (2016). Andritz Oy Intranet.
- FINLEX. (1999, syyskuu 27). *Painelaitelaki 869/1999*. (FINLEX) Retrieved maaliskuu 2016, from FINLEX: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990869>
- Huhtinen, M., Korhonen, R., Pimiä, T., & Urpalainen, S. (2013). *Voimalaitostekniikka* (2. ed.). Helsinki: Opetushallitus.
- Järviö, J., Piispa, T., & Parantainen, T. (2007). *Kunnossapito* (4. uudistettu ed.). KP-Media Oy.
- Komarudin, N. (2013). *3D Assembly of superheater*. Retrieved from GRABCAD: <https://grabcad.com/library/3d-assembly-of-superheater-boiler-parts-1>
- Kunnossapitoyhdistys ry. (2007, 4 18). *Kunnossapito Suomen kansantaloudessa*. Retrieved 3 29, 2016, from Promaint: http://www.promaint.net/instancedata/prime_product_yhdistys/kp-media/embeds/promaintwwwstructure/Kunnossapito_2007_180407.pdf
- Lappeenrannan teknillinen yliopisto. (2006). *Konvektio*. Retrieved from Noppa.lut.fi: https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0100/luennot/luento_2.pdf
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance* (2. ed.). Oxford UK: Butterworth-Heinemann 1999.
- Powerhouse. (2012). *Hurst Deaerator – Oxy-Miser*. Retrieved 4 6, 2016, from Powerhouse - Boiler Equipment: <http://www.powerhouse.com/new-boiler/hurst-deaerator-oxy-miser/>
- PSK Standardisointi. (2011). Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät PSK 6201.
- Suomen Standardisointiliitto SFS ry. (2011). Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia SFS-EN 13306.
- Tammervoima. (2014, 3 9). *Höyrylieriö kastettiin*. Retrieved 4 5, 2016, from Tammervoima.fi: <http://www.tammervoima.fi/hyoetyenergia/tyoemaa-vuonna-2014/syyskuu-2014.html>