

Eetu Villikka

Keravan biovoimalaitoksen kunnossapidon kriittisyysmäärittely

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

20.5.2014

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Eetu Villikka Keravan biovoimalaitoksen kunnossapidon kriittisyysmäärittely 41 sivua + 3 liitettä 20.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Tuotantoliiketoiminnan johtaja Heikki Hapuli Voimalaitospäällikkö Sami Kotimäki Tutkintovastaava Timo Junell
<p>Keravan Energialle tehdyn opinnäytetyön tavoitteena oli saada kriittisyysmäärittely Keravan biovoimalaitoksen kunnossapidolle. Työssä tehdyn kriittisyysmäärittelyn pohjalta määrittelyä täydennetään yrityksessä tulevaisuudessa. Kriittisyysmäärittelyn perusteella suunnitellaan kunnossapitostrategia, ja sen ehkäisevä kunnossapito.</p> <p>Työ toteutettiin voimalaitoksen Arrow Maint-kunnossapitojärjestelmään kertyneiden kunnossapidon ja operaattorien päiväkirjamerkintöjen avulla. Kunnossapitohistorian avulla pystyttiin määrittelemään laitteiden vikaantumisvälit. Työssä käsiteltiin eri kriittisyysmäärittelymalleja, jotka sopisivat erilaisiin käyttökohteisiin. Työhön valittiin PSK:n standardiin pohjautuva riskianalyysi, joka huomioi analyysissä laitteiden vikaantumisvälit, ympäristö- ja turvallisuusuhkat, tuotannon menetykset sekä korjauskustannukset. Riskianalyysia pystyy painoarvokertoimin painottamaan yrityksen arvomaailmaan ja tuotantoon sopivaksi. Analyysin tuloksena laitteet jaettiin kolmeen ryhmään kriittisyyden mukaan.</p> <p>Kriittisyysmäärittelyn perusteella tutkittiin laitteiden vikaantumista vika-vaikutusanalyysillä (VVA), johon valittiin kriittisyysmäärittelyn tuotannon kannalta tärkeimmät laitteet. Vika-vaikutusanalyysissä käytiin läpi laitteiden vikoja sekä vikaantumisen syitä ja seurauksia. Vikaantumisen perusteella laitteille suunniteltiin mahdollisia ehkäisevän kunnossapidon keinoja vikaantumisen välttämiseksi.</p> <p>Kriittisyysmäärittelyn tuloksena kriittisimpään ryhmään koko voimalaitoksen laitteista kuuluu 27 %, joka on lähellä analyysin kriittisyystavoitteita. Kriittisimmän ryhmän laitteiden kunnossapitoon keskitetään eniten resursseja.</p>	
Avainsanat	Kunnossapito, voimalaitos, kriittisyysmäärittely

Author Title	Eetu Villikka Maintenance Criticality Definition for Kerava Bio Power Plant
Number of Pages Date	41 pages + 3 appendices 20 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Heikki Hapuli, Production Manager Sami Kotimäki, Power Plant Manager Timo Junell, Lecturer
<p>The aim of the Bachelor's thesis was to create a criticality definition for the maintenance of Kerava bio power plant. In the future the criticality definition will be completed in the company's meetings. The criticality definition will also be used for designing a maintenance strategy and preventive maintenance.</p> <p>The Bachelor's thesis was accomplished with Arrow Maint maintenance system's maintenance and operators' markings. The time of the devices between failures was determined by the history of the maintenance. In the Bachelor's thesis, different kinds of criticality definition models, which could be used for various uses, were compared. The Bachelor's thesis was accomplished with PSK standard's risk analysis which pays attention to time between failures, environments and safety hazards, production losses and repair costs as well. The risk analysis can be emphasized with weight factors, based on the company's values and production. As a result of the Bachelor's thesis, the devices were separated into three criticality groups.</p> <p>The results of the criticality definition were used for a failure mode and effects analysis that researches device failures for the most critical devices. The failure mode and effects analysis contains device failures and the reasons and results of these failures. The possible preventive maintenance of the devices was designed based on device failures.</p> <p>As a result of the criticality definition, 27 % of the power plant's devices are included in the most critical group which is very close to criticality aims of the analysis. The maintenance is focused on the most critical group's devices.</p>	
Keywords	Maintenance, power plant, critical definition

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Keravan Energia Oy	2
3	Kunnossapito	3
3.1	Kunnossapitolajit	4
3.2	Ehkäisevä kunnossapito	5
3.3	Korjaava kunnossapito	5
3.4	Parantava kunnossapito	6
4	Vikaantuminen	6
4.1	Vikaantumisen hallinta	9
4.2	Vikaantumisen kehittyminen	10
4.3	Vika-vaikutusanalyysi	11
5	Kunnonvalvonta	12
6	Kunnossapidon talous	15
7	Kunnossapitostrategia	18
7.1	Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito	19
7.2	Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	19
7.3	Asset management	21
8	Kriittisyysluokittelu	23
8.1	Kriittisyysanalyysi	24
8.2	Kriittisyysmatriisi	26
8.3	Asset managementin kriittisyysluokittelu	27
8.4	Riskianalyysi	28
9	Työn toteutus	32
9.1	Arrow Maint -kunnossapitojärjestelmä	32
9.2	Kriittisyysmäärittelyn arvojen määrittely	33
9.3	Vika-vaikutusanalyysi	35
9.4	Kunnossapidon kehitys	35

10	Tulokset ja päätelmät	37
10.1	Keskeiset tulokset	37
10.1.1	Polttoainejärjestelmät	37
10.1.2	Kattila	38
10.1.3	Tuotanto	39
10.1.4	Voimalaitoksen yleiset laitteet	39
10.2	Parannusehdotuksia	40
11	Yhteenveto	41
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Laitteiden kriittisyyden laskentataulukko	
	Liite 2. VVA-analyysi	
	Liite 3. Polttoaineprosessien vaikutus	

Lyhenteet

<i>KL</i>	Kaukolämpö
<i>PSK</i>	Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus
<i>RCM</i>	<i>Reliability Centered Maintenance</i> ; luotettavuuskeskeinen kunnossapito
<i>RTF</i>	<i>Run To Failure</i> ; käytetään rikkoontumiseen asti
<i>TPM</i>	<i>Total Productive Maintenance</i> . kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito
<i>UPS</i>	<i>Uninterruptible Power Supply</i> ; keskeytymättömän virransyöttö
<i>VVA</i>	Vika-Vaikutusanalyysi

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on Keravan Energian biovoimalaitoksen kunnossapidon kehittäminen. Tavoitteena työssä on saada kunnossapidon työkaluksi ja apuvälineeksi kriittisyysmäärittely, joka saadaan kriittisyysanalyysin avulla. Kriittisyyden avulla pystytään optimoimaan ja keskittämään kunnossapitoa kohteisiin, jotka tarvitsevat kunnossapitoa. Kriittisyysmäärittelyn avulla pystytään ennakoimaan paremmin laitteiden rikkoontumista ja ennaltaehkäisemään vikoja. Kunnossapidon merkitys korostuu laitteiston iän lisääntyessä, koska laitteistot kuluvat. Tärkeimpinä kriittisyysperusteina voidaan pitää vikaantumistiheyttä, ympäristö- ja turvallisuusuhkia ja taloudellisia vaikutuksia. Kriittisyysmäärittelyn perusteena käytetään vika- ja vaikutusanalyysia, minkä avulla pystytään arvioimaan vikaantumisen vaikutuksia ja pääsemään kiinni vikaantumisprosessiin.

Voimalaitokselle toimintavarmuudella on tärkeä merkitys. Sähkön- ja lämmöntuotannon seisokit tulee kohdistaa kesäajalle, jolloin kaukolämmön tarve on pienimmillään. Talvella tuotantohuipun aikana syntyviä seisokkeja täytyy kunnossapidon avulla pyrkiä välttämään. Kunnossapidon kehittämisen avulla pystytään parantamaan tuotannon tehokkuutta ja saavuttamaan kustannussäästöjä.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään kunnossapitoa ja eri kunnossapitolajeja. Osana kunnossapidon teoriaa käsitellään kunnonvalvontaa, jonka avulla pystytään selvittämään laitteistojen nykytila. Tärkeimpänä aiheena teoriassa on kriittisyyden määrittämisen teoria eri menetelmin.

2 Keravan Energia Oy

Keravan Energia Oy on osa Keravan Energia konsernia, joka muodostuu emoyhtiö Keravan Energia Oy:stä ja sen tytäryhtiöstä Etelä-Suomen Energia Oy:stä. Keravan Energia Oy siirtää sähköä Keravan alueella ja myy sähköä koko Suomen alueella. Kaukolämmön tuotantoa ja maakaasun jakelua yritys harjoittaa Keravan, Sipoon ja Karkkilan alueilla. [5.]

Keravan Biovoimalaitos

Sähkön ja lämmön yhteistuotantovoimalaitos rakennettiin Keravan Energian ja Pohjola Voima Oy:n yhteishankkeena. Biovoimalaitos on valmistunut vuonna 2009. Se tuottaa sähköä sekä prosessi- ja kaukolämpöä. Pääpolttoaineena voimalaitos käyttää turvetta ja metsähaketta. Vara- ja käynnistyspolttoaineena käytetään maakaasua. Laitoksen tuottama bruttosähköteho on noin 21 MW. Kaukolämmön tuotanto on noin 50 MW ja prosessilämpöä tuotetaan noin 10 MW. Voimalaitos on vastapainevoimalaitos, jonka kattilatyyppinä on Metso Power Oy:n valmistama kupliva leijukerroskattila. Kattila on mitoitettu toimimaan maksimissaan 80 % puupolttolaitteella. Kattilasta saatava höyryteho on noin 73 MW. Höyryturbiinina voimalaitoksessa käytetään yksipesäistä, kolmella väliotolla ja kaksiportaisella kaukolämmön tuotannolla varustettua reaktioturbiinia. Turbiinin höyryarvoina käytetään tuorehöyrymääränä 28 kg/s, höyrynpaineena 78 bar ja höyryn lämpötilana 480 °C. [6.]

Voimalaitoksella pystytään vuositasolla tuottamaan 75 % Keravan kaupungin alueen kaukolämmöntarpeesta ja 25 % Keravan Energian sähkötuotannosta. Täydellä teholla tuottaessa biopolttolaitteella kuluu voimalaitoksella yhden rekkalastin verran tunnissa. Biopolttolaitteella kuormataan vastaanottoasemaan, josta se kolakuljettimien avulla polttoaine siirretään siiloihin. Voimalaitoksen polttoaineen käsittelyjärjestelmään kuuluu lisäksi raudanerotin, kiekko-seula ja murskain. Laitos on biopolttolaitteiden polton ansiosta ympäristöystävällinen. Sen hiukkaspäästöjä vähennetään sähkösuodattimella, joka poistaa lentotuhkan kattilan savukaasuista. Rikkipäästöjen vähentämiseksi kattilaan syötetään kalkkia. [6.]

Keravan Energia Oy:n tuotantolaitosten ja kaukolämmön valvonnan käyttökeskus sijaitsee voimalaitoksen yhteydessä. Valvomosta seurataan ympäri vuorokauden voimalaitoksen ja tuotantolaitosten toimintaa. Biovoimalaitoksen automaatioaste on korkea,

ja normaalin tuotannon aikana kaikki säätö- ja käyttötoimenpiteet voidaan hoitaa valvomosta käsin. [6.]

3 Kunnossapito

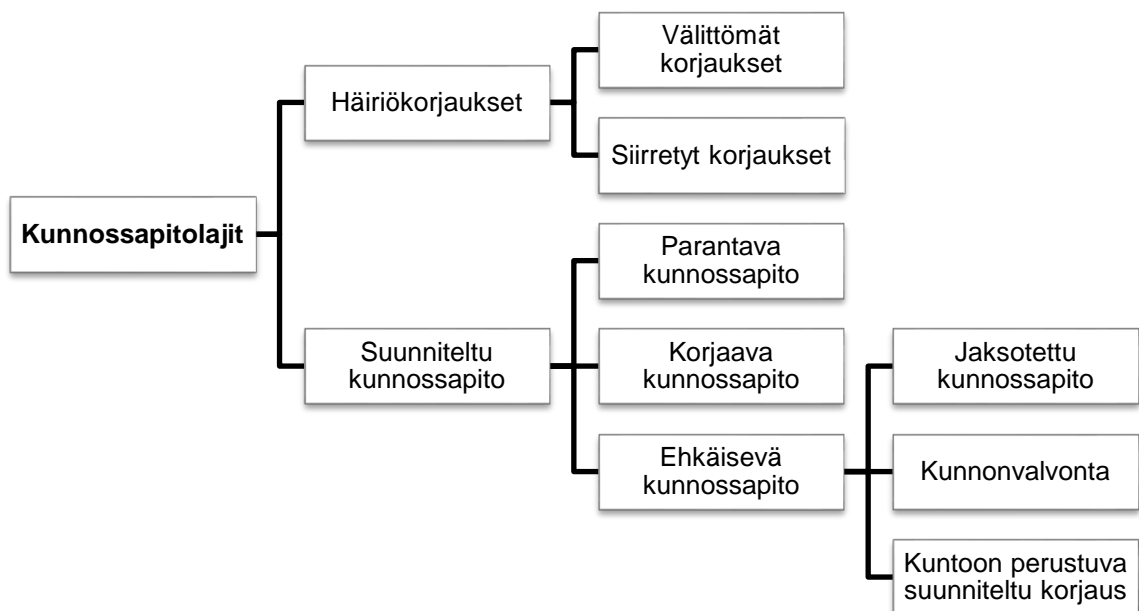
Kunnossapito on suuri kokonaisuus, jonka tavoite on säilyttää koneen tai tuotantolaitoksen toimintakyky uudenveroisena. Laitteiden vikaantumista pyritään estämään kunnossapidolla. Laitteen vaurioituessa kunnossapitokeinoilla korjataan laite toimintakuntoiseksi. Kunnossapidon merkitys on suurentunut tekniikan kehittyessä, koska monipuolinen tekniikka asettaa kunnossapidolle haasteita. Laitteen kunnossapito täytyy aloittaa jo laitteen suunnitteluvaiheessa, jolloin määritetään sille tarvittavat huollot ja tarkastukset. Laitteen kunnossapito kestää laitteen käyttöönotosta koko sen elinkaaren ajan. Kunnossapidon tehtävänä on ehkäistä, hidastaa ja vastustaa laitteen rikkoutumista. [1, s. 17.]

Laitteiden kunnossapito alkoi samaan aikaan kun ensimmäiset koneet rakennettiin. Kunnossapidon merkitys ei ollut niin kriittinen, koska koneita pystyttiin seisottamaan huollon aikana. Koneet olivat rakenteeltaan ja toiminnaltaan yksinkertaisia, joten huoltamiseen ei tarvittu laajoja suunnitelmia. Kunnossapidon kehitys käynnistyi toisen maailmansodan aikaan, jolloin tuotantomäärien kasvattaminen nousi tärkeään asemaan. Tehokkuudella oli enemmän merkitystä, ja sitä pyrittiin kehittämään laitteiden mekanismeja ja teknologiaa lisäämällä. 1900-luvun lopun teknologian ja teollisuuden kehitys asetti kunnossapidolle uusia haasteita. Laitteiden mekanismit monipuolistuivat ja automaation määrä lisääntyi. Koneiden vikaantuminen monimutkaistui tekniikoiden ja osien kehittyessä. Samalla vaatimukset koneiden luotettavuudelle ja käytettävyydelle kasvoivat, eikä pitkiin seisokeihin ollut enää varaa. 1990-luvulta asti koneissa ovat kasvaneet tietotekniikan ja elektroniikan osuudet, mitkä lisäävät kunnossapidon merkitystä. [1, s. 21 - 24.]

Laitteiden kehitykseen on vastattu kehittämällä kunnossapitoa. Aluksi kunnossapito oli huoltoa ja korjaamista. Laitteiden ja teknologian monipuolistuessa on tarvittu kunnossapitostrategioita ja suunnitelmia, jotta laitteiden huollettavuus onnistuisi. Koneiden toimivuuden vaatimuksien täytyminen on korostunut. Koneiden kuntoa seurataan kunnonvalvonnalla, minkä pohjalta kunnossapitoa toteutetaan. Kunnossapidossa täytyy nykyisin huomioida myös ympäristö- sekä turvallisuusvaikutukset. [1, s. 25.]

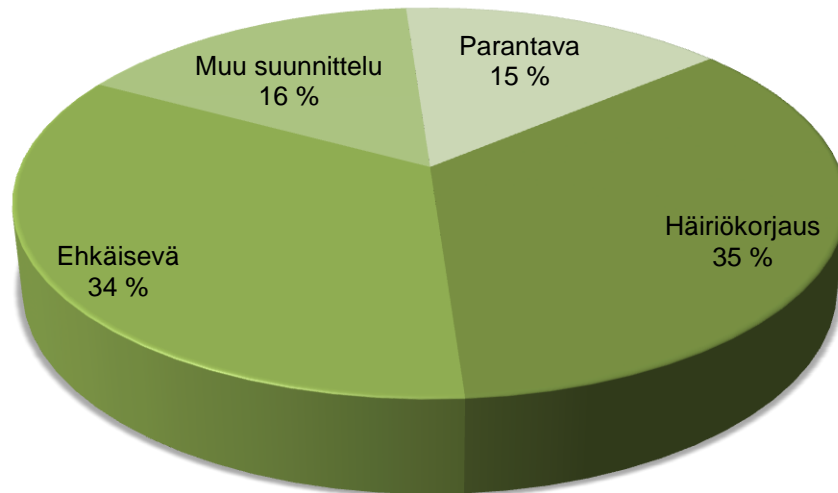
3.1 Kunnossapitolajit

Kunnossapitoon kuuluu sekä suunniteltuja toimia että häiriöstä johtuvia korjauksia. Laitteen kunnossapito pyritään toteuttamaan suunnitellusti, mutta häiriöiden sattuessa se korjataan mahdollisimman pian tai mahdollisuuksien mukaan pyritään sisällyttämään kunnossapitoon ja korjaamaan kunnossapitosuunnitelman mukaisesti. Kunnossapidon jaottelu selviää kuvasta 1, missä suunniteltu kunnossapito jaetaan ehkäisevään, korvaavaan ja parantavaan kunnossapitoon. Kunnossapidon jaottelu perustuu PSK -standardiin. [1, s. 47.]



Kuva 1 Kunnossapidon jako PSK 7501 [1, s. 47].

Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu jaksotettua kunnossapitoa, joka määräytyy valmistajien antamien tai kunnossapitosuunnitelman mukaisten ohjeiden mukaan. Laitteen käyttömäärä vaikuttaa suoritettavaan kunnossapitoon. Jaksotetun kunnossapidon ohella täytyy olla kunnonvalvontaa, jonka avulla voidaan toteuttaa kuntoon perustuvat suunnitellut korjaukset. Kuvassa 2 on jaoteltu Suomen teollisuudessa tapahtuvan tyypillisen kunnossapidon jakautuminen. Häiriökorjausten osuus on suurin, mikä johtuu väärin suunnitellusta ennakoidusta kunnossapidosta. [1, s. 33.]



Kuva 2 Kunnossapidon yleinen jakautuminen [1, s. 33].

3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon osuus suoritettavista kunnossapitotoimista on noin 34 %. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään ylläpitämään koneen toimintakuntoa, jotta siinä ei ilmene äkillisiä häiriöitä. Koneen tilaa seurataan kunnonvalvonnalla, jota suoritetaan huoltojen yhteydessä tehtävillä tarkastusmittauksilla, käynnissäpitokierrosten aikana tehtävien tarkastusten avulla tai käynninvalvonnalla. Kunnonvalvonnan perusteella voidaan suunnitella koneelle tarkempaa kunnossapitoa. Koneille säännöllisesti tehtävät huollot kuten rasvaukset, puhdistukset ja osien vaihdot pitävät sen toimintaolosuhteet sopivina tuotannolle. [1, s. 50.]

3.3 Korjaava kunnossapito

Korjaavassa kunnossapidossa vikaantunut laite tai sen osa vaihdetaan uuteen eli korjataan toimintakuntoiseksi. Korjaava kunnossapito voi olla joko suunnittelematonta häiriökorjausta tai suunniteltua kunnostamista. [1, s. 51.]

Korjaavaan kunnossapitoon kuuluu:

- vian määrittäminen
- vian tunnistaminen
- vian paikallistaminen
- korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

3.4 Parantava kunnossapito

Laitteen toiminnan ja käytettävyyden kehittäminen on parantavaa kunnossapitoa, joka voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: uusien osien vaihtaminen, uudelleen suunnittelu ja korjaus sekä modernisointi. Uusien osien vaihtamisella laitteen osat vaihdetaan uudempiin verrattuna alkuperäiseen. Uudelleen suunnittelulla pystytään parantamaan laitteen toimintaa ja poistamaan suunnitteluvirheitä. Modernisoinnissa laitteen toiminnallista suorituskykyä parannetaan uudistamalla laite tai sen osa. Modernisointia voidaan rinnastaa investointeihin. [1, s. 51.]

4 Vikaantuminen

Kunnossapidon kannalta on tärkeää selvittää laitteiden vikaantumismenetelmät ja syyt vikaantumiseen. Vikaantuminen on tapahtuma, jonka seurauksena laite ei pysty suorittamaan sen pääasiallista tehtävää. Vikaantumisen seurauksena laitteeseen syntyy vika, joka jaetaan häiriöön ja vaurioon. Häiriössä laite menee vikatilaan, mutta laite voidaan palauttaa toimintakuntoiseksi uudelleen käynnistämällä tai säätämällä. Vaurion syntyessä tarvitaan korjaavaa kunnossapitoa. [1, s. 67.]

Vikojen luokitteluun käytetään standardia SFS- EN 13306:2010, jonka mukaan vika jaetaan seuraaviin ryhmiin:

- vika
- piilevä vika
- osittainen vika
- ohjelmistovika.

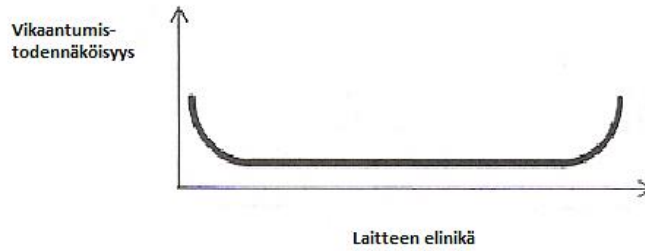
Vikatyypeistä piilevät viat ovat vaikeita havaita ja jäävät usein havaitsematta. Piileville vioille tyypillisiä piirteitä:

- viat ovat latentteja eli eivät erotu ilman tarkkoja mittauksia
- vian seurausvaikutukset ovat pieniä
- vikoja esiintyy usein
- käyttäjä voi poistaa vikaantumisen ja vian
- viat raportoidaan harvoin
- viat löytyvät vertailemalla [1, s. 71].

Laitteiden vikaantuminen ei synny itsestään vaan vialla on kehitys- ja syntymekanismi. Laitteiden vikojen kehittymismekanismien ymmärtämisellä pystytään parantamaan ehkäisevää kunnossapitoa, jolloin vian synty voidaan välttää. Vian syntyyn vaikuttaa sekä osien kuluminen ja heikkeneminen iän myötä että käyttövirheet ja inhimilliset erehdykset. Perinteisen vikaantumismallin mukaan laitteissa tapahtuu paljon vikaantumista laitteen eliniän alku- ja loppuvaiheessa. Syynä tähän ovat esimerkiksi suunnittelu-, materiaali-, valmistus-, asennus- tai käyttövirheet. Perinteistä vikaantumismallia kutsutaan kylpyammekäyräksi, johtuen sen muodosta. Perinteisen vikaantumismallin periaatekuva on esitetty kuvassa 3. [1, s. 72.]

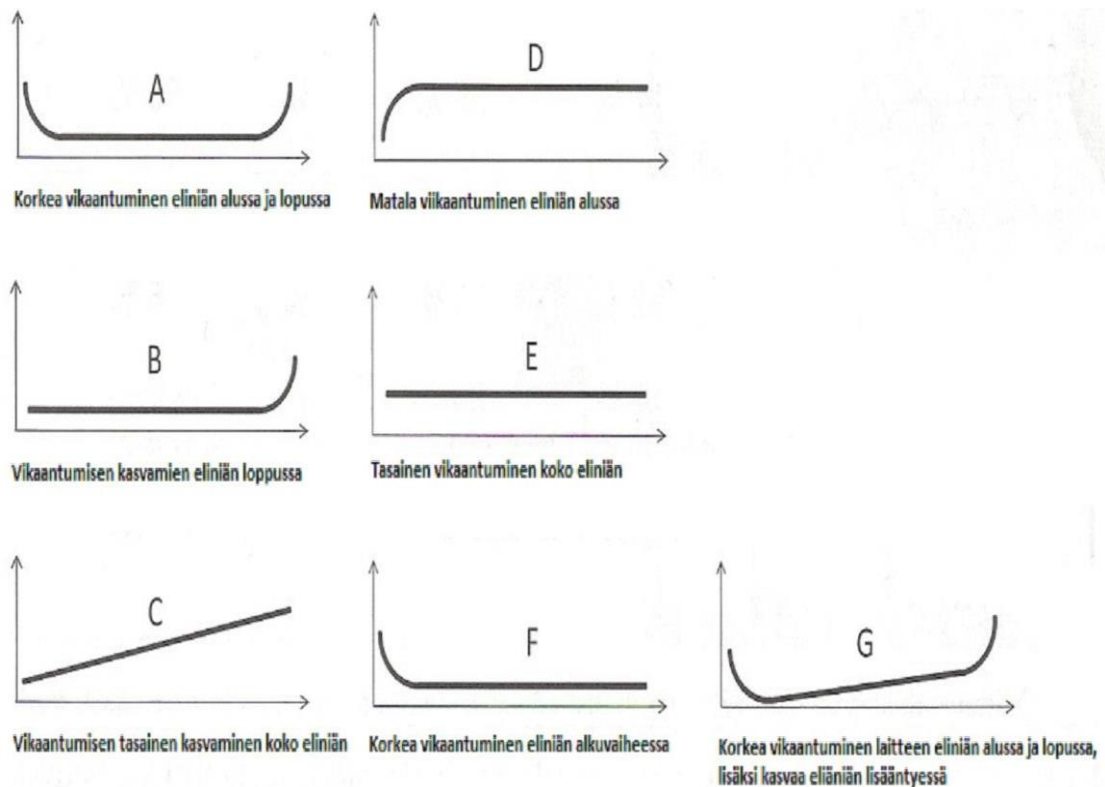
Vikaantumisen syyt:

- Laitteiden vääränlainen käyttö, mikä johtuu joko huonosta ohjeistuksesta tai suhtautumisesta. Laitteiden käyttäjät havaitsevat piilevät ja oirehtivat viat, mutta eivät ryhdy korjaus- tai raportointitoimiin.
- Käyttäjien ja kunnossapitajien kapea ammattitaito, joka keskittyy korjaamiseen. Laitteiden tarkastuksissa vikoja ei huomata, laitetta käytetään väärin ja kunnossapito on vääränlaista.
- Laitteen eliniän lisääntyessä toimintakyvyn heikkenemistä ei huomioida tai se hyväksytään.
- Laitteella on väärät käyttöolosuhteet: esimerkiksi pöly, lämpötila tai kosteus.
- Laitteiden suunnittelussa ei ole huomioitu käyttöä ja olosuhteita. [1, s. 81.]



Kuva 3 Perinteinen vikaantuminen [1, s. 76].

Vikaantumismallien ymmärtämisen avulla laitteen vikaantumista pystytään ennakoimaan ja kohdistamaan ehkäisevää kunnossapitoa laitteille, joilla vikoja ilmenee eliniän loppupuolella esimerkiksi kulumisesta johtuvia. Ehkäisevän kunnossapidon avulla laitteen elinikää pystytään mahdollisesti pidentämään suunnitellusta eliniästä. Vikaantumismalleja laitteille on esitelty kuvassa 4, jossa eri mallit jaetaan seitsemään eri tyyppiin.



Kuva 4 Vikaantumismallit [1, s. 77].

Yksinkertaisten laitteiden vikaantuminen perustuu eliniän mukaiseen vikaantumiseen eli vikaantuminen lisääntyy eliniän lisääntymisen myötä. Nykyiset monimutkaisemmat ja automaattisia sisältävät laitteet mukailevat vikaantumismallien F ja G mukaisia käyriä. Teollisuudessa yleisiä vikaantumismalleja ovat D, E ja F, joissa on pitkä tasaisen vikaantumistodennäisyyden vaihe.

Taulukossa 1 tarvittavat kunnossapitotoimet jaetaan vikaantumismekanismien ja vian syntymisen perusteella. Vian syntymismekanismeja kannattaa ottaa huomioon kriittisyysanalyysin teossa. [1, s. 79 - 80.]

Taulukko 1 Kunnossapitolajit vikaantumisen mukaan

Mekanismi	Vian syntyminen	Esiintyminen	Kunnossapitolaji
A, B, G, D, E, F	Vian syntyhetkeä ei voi päätellä, mutta vika etenee hitaasti	30 - 40 %	<ul style="list-style-type: none"> Ehkäisevä kunnossapito Korjaava kunnossapito Kuntoon perustuva kunnossapito
A, B, C, G	Käytöstä riippuvaa	10 - 20 %	<ul style="list-style-type: none"> Ehkäisevä kunnossapito Korjaava kunnossapito Aikataulutettu kunnossapito
D, E, F	Sattumanvaraista	40 - 60 %	<ul style="list-style-type: none"> Korjaava kunnossapito Huolto Vian etsintä

4.1 Vikaantumisen hallinta

Laitteiden vikaantuminen kasvattaa tuotantotappioita. Vikaantumisongelmat ovat seurausta organisaation huonosta hoidosta tai laitteiden teknisistä ongelmista. Usein vikaantuminen johtuu piilevistä vioista, jotka ovat vaikeita havaita. Piilevät viat tulisi korjata siinä vaiheessa, kun ne ovat pieniä, ja keskittää huomio piilevien vikojen syihin. Käyttäjien merkitys piilevien vikojen ehkäisyssä on tärkeä, koska heillä on tarkin tieto laitteen toimintakunnosta. Käyttäjien huomiot laitteista tulee saattaa kunnossapidon tietoon. [1, s. 82 - 83.]

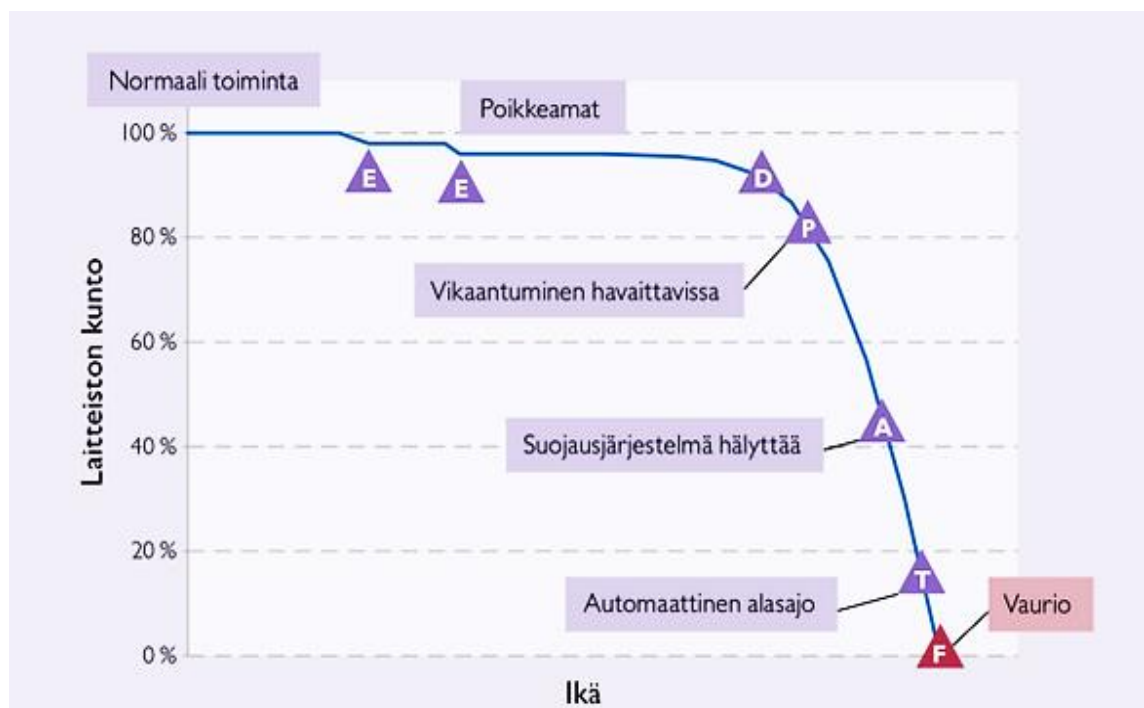
Toimenpiteet piilevien vikojen paljastamiseksi:

- laitteiden toimintakunnon ylläpito: puhdistus, voitelu, liitosten kiristys
- oikeat käyttöolosuhteet
- suunnitteluvirheiden korjaus
- käyttö- ja kunnossapitotaitojen kehittäminen
- toimintojen palauttaminen uutta vastaaviksi [1, s. 83].

Piilevien vikojen ehkäisyllä päästään lähemmäs vikaantumaton tilaa eli nollavikaantumista, jonka merkitys on tärkeää teollisuuden aloilla, kuten energiateollisuudessa.

4.2 Vikaantumisen kehittyminen

Vikaantumisen kehittymisen ennakointiin käytetään P-F-käyrää. Käyrällä piste P tarkoittaa kohtaa, jossa vikaantuminen alkaa ja F kohtaa, jolloin laite vaurioituu. P-kohdassa havaittua vikaa kutsutaan potentiaaliseksi viaksi. Riittävällä kunnonvalvonalla ja ehkäisevällä kunnossapidolla vikaantuminen voidaan ehkäistä pisteiden P ja F välillä, P-F-jakson aikana, ennen kuin laite vaurioituu.



Kuva 5 P-F-käyrä [9].

Kunnonvalvontatoimien tarkastusjakson tulee olla P-F-jaksoa lyhyempi, normaalisti $\frac{1}{2}$ P-F-jakso, jotta vikaantumiseen päästään kiinni riittävän ajoissa. Jos jakso on hyvin lyhyt, niin tarvitaan reaaliaikainen kunnonvalvontajärjestelmä. Laitteen P-F-jakso ei ole yhtä kuin laitteen elinikä, koska elinikä määritetään käyttöönotosta lähtien ja P-F-jakso vikaantumisesta alkaen. Vikaantumista edeltävät useat oirehtivat viat, joihin voidaan päästä kiinni erilaisilla kunnonvalvontatekniikoilla. [9, s. 127 - 128.]

4.3 Vika-vaikutusanalyysi

Vika-vaikutusanalyysin (VVA) avulla voidaan selvittää laitteiden mahdollista vikaantumista, ja sen vaikutusta tuotantoon.

Analyysissä selvitettävät asiat:

- Laitteen tehtävä?
- Kuinka laitteen tehtävä voi estyä?
- Miten laite voi vikaantua?
- Miten eri viat vaikuttavat ja mitä seurauksia niillä on?
- Voiko käyttää ennakointikeinoa vikaantumisen ehkäisyksi? [4, s. 127 - 128].

VVA-prosessin aluksi jaetaan tuotanto pienempiin kokonaisuuksiin, jolloin on helpompi hallita haastavaa vikaantumisen selvittämistä. Analyysin teko kannattaa aloittaa laitteista, jotka ovat kriittisimpiä tuotannon kannalta. Vika-vaikutusanalyysiin voidaan käyttää työkaluna taulukkoa, esitetty liitteessä 2, johon voidaan kirjata laitteen vikaantumiseen liittyvät asiat. Taulukkoa varten täytyy määritellä laitteen osalle kriittisyysarvo, jonka perusteella laitteet jaetaan esimerkiksi kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän osat pysäyttävät tuotannon heti tai alentavat tuotannon kapasiteettia huomattavasti. Toisen ryhmän osat eivät pysäytä tuotantoa, mutta niiden vaihtamiseen pyritään mahdollisimman nopeasti. Osan kriittisyyden määrittämisen jälkeen käydään läpi mahdolliset vikaantumiset ja niiden vaikutukset tuotantoon. [4, s. 129 - 130.]

5 Kunnonvalvonta

Koneiden kehittymisen ja toimintojen monipuolistumisen takia vikojen havaitseminen on vaikeutunut, joten pelkät aistihavainnot eivät riitä koneiden kunnon arvioimiseksi. Kunnonvalvontaa on kehitetty ottamalla käyttöön tietokoneavusteisia ja elektronisia kunnonvalvontalaitteita, joiden avulla pystytään seuraamaan koneiden mahdollisia vikoja. Koneen kunnosta saatujen tietojen perusteella pystytään tarkemmin suunnittelemaan koneen kunnossapitoa. Kunnonvalvonnalla pystytään parantamaan yrityksen ja tuotannon tehokkuutta, koska pystytään ennakoimaan paremmin kunnossapitoa ja investointeja. Ennakoinnin avulla pystytään ohjaamaan tarvittavat resurssit kunnossapitoa vaativaan kohteeseen. Kunnonvalvonnasta saatujen tietojen perusteella pystytään suunnittelemaan kunnossapitoa seisokkiaikojen varalle. Erityisesti pyörivien koneiden, kuten moottoreiden ja pumppujen kunnonvalvonnassa ovat lisääntyneet värähtelymitaukset. Varsinkin tietokoneavusteisen kunnonvalvonnan ansiosta koneen tilaa pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti, minkä ansiosta pystytään ennaltaehkäisemään suunnittelemtomien seisokkien määrä ja muuttamaan käyttöä konetta säästäväksi. Kunnonvalvonnan tapojen ja tehtävien valinnassa tulee huomioida laitteen turvallisuus, taloudellisuus ja tuottavuus. [2, s. 11 - 12.]

Energiäteollisuudessa odottamattomia seisokkeja pyritään välttämään, sen takia järjestelmien luotettavuudella ja viansietokyvyllä on todella tärkeä osa. Koneiden toimivuus korostuu erityisesti tuotantovaiheissa, joihin ei ole rakennettu vararatkaisua ongelmatilanteita varten. Usein käytetty vararatkaisu on kahdentaa laitteisto, jolloin pystytään jatkamaan tuotantoa toisella laitteella. Ilman kahdennusta koneiden rikkoontuessa voi koko tuotanto pysähtyä, minkä takia kunnonvalvonnan merkitys on korostunut. Koneet, joilla on suuri merkitys tuotannon kannalta, kannattaakin varustaa riittävällä kunnonvalvontalaitteistoilla. Tuotantomäärien lisääntyessä koneiden kuormitukset ja käyttöajat ovat kasvaneet, joten koneiden viat syntyvät nopeammin. Nykyisin koneilla onkin käytönvalvonta, josta nähdään laitteen toiminta, ja tarvittaessa järjestelmä hälyttää. Koneille täytyy asettaa hälytysrajat, jotka ennakoivat osan rikkoontumista. Käytönvalvonnan kautta nähdään myös laitteen toimintaa, ja pystymään muuttamaan käytintarvoja konetta säästäväksi tarvittaessa. [2, s. 13 - 14.]

Mittaustavat

Kunnonvalvonnan mittaustapoja ovat kiinteä automaattinen, puolikiinteä tai kannettava järjestelmä. Mittaustavan valintaan vaikuttaa laitteen tärkeys tuotannon kannalta. Kiinteään automaattiseen järjestelmään kuuluu laitteessa kiinteänä olevat anturit ja mittausyksikkö. Mittausyksikkö käsittelee antureiden tiedot ja lähettää tiedot eteenpäin kunnossapitojärjestelmään digitaalisesti, analogisesti tai hälytysviestinä. Kiinteä automaattinen järjestelmä on iso sijoitus, ja se kannattaakin kohdistaa kriittisiin laitteisiin, joiden kriittisyysluokittelu on selvitetty tarkemmin kappaleessa 9. Puolikiinteässä järjestelmässä anturit on asennettu laiteeseen, ja anturit on liitetty liitäntäyksikköön, jonka kautta anturitiedot pystytään lukemaan erillisellä lukulaitteella. Puolikiinteää järjestelmää käytetään vaikeapääsyisissä kohteissa, joten kiinteäksi asennetut anturit helpottavat kunnonvalvontamittauksien suorittamista. Kannettavien mittalaitteiden avulla mitataan sellaiset kohteet, joihin ei ole asennettu kiinteää mittaajärjestelmää. [2, s. 28.]

Mittaustavan valintaan vaikuttaa myös mittausaikaväli. Lyhyen, alle viikon, mittausvälin tarvitsevilla laitteilla taloudellisesti paras vaihtoehto on kiinteä mittaajärjestelmä. Kunnonvalvonnan mittauksien alkuvaiheessa tai uuden koneen koekäytössä mittausväli on lyhyt, mutta tietojen ja kokemuksen keräämisen kautta mittausväli voidaan optimoida laitteelle sopivaksi. Yli kahden kuukauden mittausväli ei enää sisälly ennakoivaan kunnonvalvontaan vaan on silloin laitteen kunnonmäärittäystä huoltoja varten tai huoltoseisokkien jälkeistä laadunvarmistusta. [2, s. 29 - 30.]

Kunnonvalvonnassa käytössä ovat värähtely, lämpötila ja kulumishiukkasmittaukset. Värähtelymittauksen perusteella saadaan selville koneen epätasapaino, linjausvirheet ja mahdolliset liitosten löysyydet. Eniten värähtelymittausta käytetään vierintälaakereiden kunnonvalvontaan. Mittaustuloksia analysoimalla pystytään arvioimaan laitteen kuntoa. Värähtelymittaukseen on olemassa eritasoisia mittareita, joiden herkkyys vaihtelee. Värähtelymittarit voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu yksinkertaisten koneiden mittaukseen tarkoitettut mittarit, joiden herkkyystaso on alhainen. Toiseen ryhmään kuuluvat mittarit, jotka soveltuvat monimutkaisempien laitteistojen värinän mittaukseen. Monimutkaisemmissa laitteistoissa on esimerkiksi eri nopeuksilla pyöriviä akseleita, hihnäkäyttöä tai hammasvaihteita. Toisen ryhmän mittarit ovat herkempiä värinälle, minkä ansiosta pystytään helpommin paikallistamaan värähtelykohta. Mittalaitteen hinta riippuu tietenkin tarvittavasta mittauksen värähtelyn herkkyydestä. [2, s. 17.]

Lämpötilamittaukset ovat hyvä menetelmä koneiden kunnan määrittämiseksi. Lämpötilan mittaus ei kuitenkaan paljasta piilevää tai alkavaa vikaa vaan lämpötilamittauksella pystytään havaitsemaan selvät lämpötilan nousut, jolloin vika on jo olemassa. Lämpötilamittaukseen voidaan käyttää kosketuksellisia käsimittareita, pistoolityyppisiä infrapunamittalaitteita tai infrapunakameroita. Infrapunamittareilla mitatessa on tärkeää huomioida emissiokertoimet eri pinnoille, riippuen väristä ja materiaalista. [2, s. 20.]

Kulumishiukkasmittauksia käytetään öljyjen kunnanvalvontaan. Öljyanalyysin avulla pystytään selvittämään öljyn seassa olevien kulumishiukkasten määrä ja muut epäpuhtaudet kuten kosteus. Kulumishiukkasten määrä kertoo laitteen osien kulumisesta ja kunnosta. Analyysien ottoväliin vaikuttavat järjestelmän herkkyys ja arvo sekä suunnitteluperusteet. Laitteen arvo voidaan laskea kaavan 1 mukaan, jossa huomioidaan vikaantumisen odotusarvo. Vahingon arvo määräytyy sekä korjauskuluista että menetetyistä tuotannosta.

$$\text{vikaantumistodennäköisyys (\%)} \times \text{vahingon arvo (€)} = \text{vikaantumisen arvo (€)} \quad (1)$$

Manuaalisesti otettavalla öljyanalyysinäytteellä on tärkeä osa tulosten kannalta, jotta saadaan realistinen kuva öljynlaadusta. Näyte tulee ottaa oikealla tavalla, joten ammattitaidon merkitys korostuu. Väärin otettu näyte voi aiheuttaa suuremmat vahingot. [3, s. 177 - 180.]

Laitteiden käynninaikaisten suureiden avulla pystytään määrittämään hyötysuhde, jonka perustella pystytään määrittämään laitteen kuntoa. Hyötysuhteen laskemiseen tarvittavia suureita ovat esimerkiksi virtausmäärät, lämpötilat ja paineet. Laitteen kunnanvalvontajärjestelmään voi olla sisällytetty hyötysuhteen laskeminen, joka mittaa hyötysuhdetta ja ilmoittaa kunnossapidon tarpeesta hyötysuhteen pienentyessä. Hyötysuhteen heikkeneminen lisää kustannusten määrää. Tärkeää kaikissa mittauksissa on, että dokumentoidaan mittauksien tulokset. Mittaushistorian avulla pystytään tulkitsemaan laitteen kuntoa ja vikaantumista. [2, s. 23.]

Laitteiden kunnan tarkistusmittaukset voidaan suorittaa aikaisemmin mainittujen mittausjärjestelmien tai NDT- mittauksien avulla, jotka ovat ainetta rikkomattomia tarkastuksia. NDT- menetelmien avulla pystytään löytämään säröjä ja kulumia. Menetelmiin kuu-

luvat ultraääni, magneettijauhetarkastus, tunkeutumanestetarkastus, radiografia ja pyörrevirtaustarkastus.

6 Kunnossapidon talous

Yrityksen taloudelliset panostukset kunnossapitoon koostuvat välillistä ja välittömistä kustannuksista. Välittömät kustannukset koostuvat suoraan kunnossapidollisten tehtävien tekemisestä. Näiden määrää on helppo arvioida ja pitää kirjanpitoa toteutuneista kustannuksista. Kustannusten vähentämisen kannalta välittömillä kuluilla ei ole suurta merkitystä, koska ne ovat välttämättömiä kunnossapidon suorittamisen kannalta. [1, s. 180.]

Välittömiin kustannuksiin kuuluvat:

- Palkkakustannukset
- Varaosat: hankinta, säilytys
- Materiaalit ja tarvikkeet
- Alihankinta
- Yleiskustannukset kuten varastointi, hallintokulut.

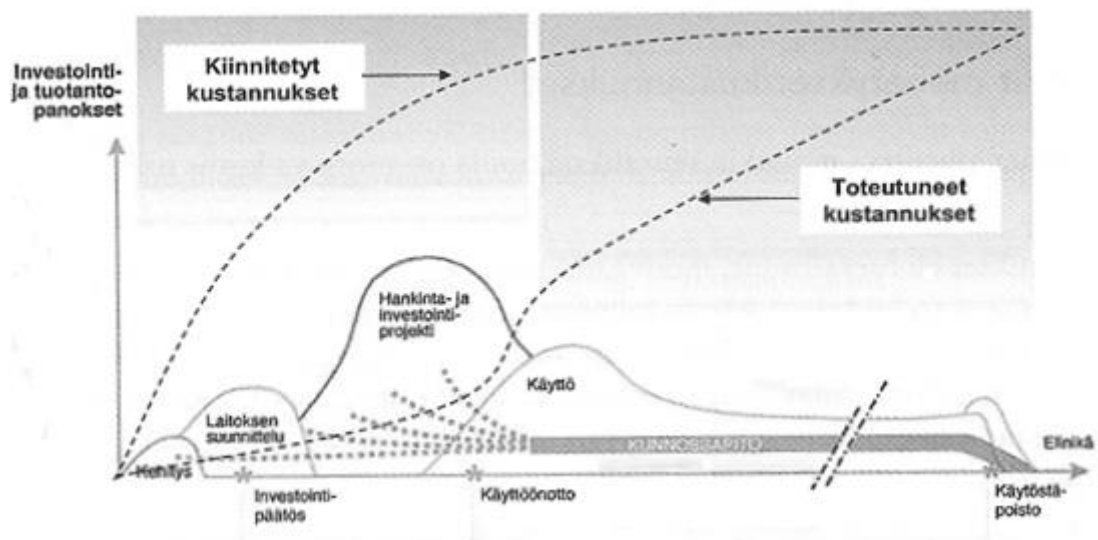
Välillisten kustannusten arviointi on vaikeampaa verrattuna välittömiin, mutta niiden osuus on suurempi. Kunnossapidon säästöjä voidaan löytää välillisistä kustannuksista, ongelmana on kuitenkin todellisten kustannusten määrän vaikea arviointi. [2, s. 180 - 181.]

Kunnossapidon välilliset kustannukset koostuvat seuraavista tekijöistä:

- uudelleen tekeminen
- käyttöomaisuuden ylimitoitus
- hallitsemattomat resurssit
- ylityökustannukset
- tuotantosuunnittelun lisäkustannukset
- tuotantovakuutukset
- laitteiden elinaikakustannuksien kasvaminen
- uudelleentuotantomahdollisuuden menetyt
- epäkäytettävyyskustannukset.

Aineettomat vaikutukset kunnossapidosta johtuvat huonosta työnlaadusta tai toiminnasta. Vaikutukset voivat olla kokonaisvaltaisia. Kunnossapidon huonosta toiminnasta voi aiheutua turvallisuuden, motivaation ja oppimisen heikkenemistä yrityksessä. Kunnossapidon maine ja imago voivat kärsiä varsinkin palveluna ostetussa kunnossapidossa. [1, s. 181.]

Laitteiden eliniän aikaiset kustannukset koostuvat pääomasta sekä käyttö- ja kunnossapitokustannuksista. Kuvassa 6 on kuvattu laitteen eliniän aikaiset kustannukset.



Kuva 6 Laitteen eliniän aikaiset kustannukset [1, s. 182].

Kunnossapitokustannusten laskeminen:

$$C_m = C_{mp} + C_{mm} + C_{pp} + C_{pm} + C_{rp} + C_{rm} + C_{mt} \quad (2)$$

,missä

C_m = vuosittaiset kunnossapitokustannukset

C_{mp} = korjaavan kunnossapidon henkilöstökustannukset

C_{mm} = korjaavan kunnossapidon materiaalikustannukset

C_{pp} = ennakoivan kunnossapidon henkilöstökustannukset

C_{pm} = ennakoivan kunnossapidon työkalu-, laite- ja materiaalikustannukset

C_{rp} = uudistavan kunnossapidon henkilöstökustannukset

C_{rm} = uudistavan kunnossapidon materiaalikustannukset

C_{mt} = kunnossapitohenkilöstön säännöllinen kouluttaminen

Kunnossapitokustannusten tulosten dokumentoinnin perusteella pystytään arvioimaan kunnossapidon kehitystä esimerkiksi kunnossapitostrategian muutoksen jälkeen. Kunnossapidosta aiheutuvien kustannusten määrää voidaan arvioida laskemalla kaavan 2 avulla kunnossapitokustannukset. [2, s. 185.]

Laitteiden kunnan vaikutus talouteen

Voimalaitoksen talouteen vaikuttaa laitteiden toimintakunto, jolla on vaikutusta sekä tuotannon heikkenemiseen ja omakäyttösähkön lisääntymiseen. Voimalaitoksien tuotannon höyry-vesi-piirissä ilmeneviä yleisiä ongelmia ovat:

- alhaiset tulohöyryn lämpötila- ja painemittaukset
- syöttövesisäiliön paineen vaihtelu
- tyhjänimun häiriöt
- kl-vaihtimien käyttö
- reduktioiden käyttö
- esilämmittimien kunto.

Voimalaitoksen omakäyttösähkön määrän kasvaminen heikentää sähköntuotannon määrää. Uusimmissa voimalaitoksissa tärkeiden laitteiden ohjaus tulee taajuusmuuttajan kautta, minkä ansiosta laitteiden virrankulutus on optimissa, kuitenkin vikaantumisen myötä laitteen virrankulutus kasvaa.

Suurimmat omasähkökäytön kuluttajat:

- syöttövesipumput
- savukaasupuhaltimet
- palamisilmapuhaltimet
- polttoaineen syöttöjärjestelmä
- paineilmajärjestelmä.

Voimalaitoksen tuotannon kokonaistehokkuuteen vaikuttavat polttoaineen käsittely ja höyrypiirin toiminnot. Käyttötalouteen vaikuttavia toimintoja:

- jatkuvan ulospuhalluksen määrä
- polttoaineen kuivaus ja varastointi
- tukipolttoaineen tarve
- apukattiloiden käyttö
- kuorman tasaus
- putkien eristykset
- lisäaineiden kulutus [10].

Riittävällä kunnossapidolla pystytään ylläpitämään laitteiden kuntoa vaatimusten mukaan asetetulla tasolla.

7 Kunnossapitostrategia

Kunnossapidon suorittamiseksi tarvitaan suunnitelma, jonka mukaan asiat hoidetaan. Suunnitelmaa kutsutaan kunnossapitostrategiaksi. Käytössä olevia kunnossapitostrategian suunnittelumenetelmiä ovat TPM, RCM ja *Asset management*. Jokaisella menetelmällä korostetaan menetelmälle tärkeitä asioita.

7.1 Kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito

TPM (*Total Productive Maintenance*) on kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito, jolla pyritään pitämään kaikki tuotannon kannalta tärkeät laitteet toiminnassa. Yrityksen koko organisaatio pyritään sitomaan kunnossapidon kehittämiseen. Kunnossapidon suunnittelussa laitteiden kunnossapitostrategiat tehdään ensin kriittisimmille laitteille, minkä jälkeen siirrytään vaiheittain vähemmän kriittisiin laitteisiin. [4, s. 42.]

TPM-menetelmässä päämäärinä ovat:

- Maksimoida kokonaistehokkuus
- Kehittää laitteen eliniän kattava kunnossapito
- Sita kunnossapitoon suunnittelijat, käyttäjät ja kunnossapitajat
- Siirtää kunnossapidon suunnittelu sille osastolle, minkä työtehtäviin laite liittyy.

7.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

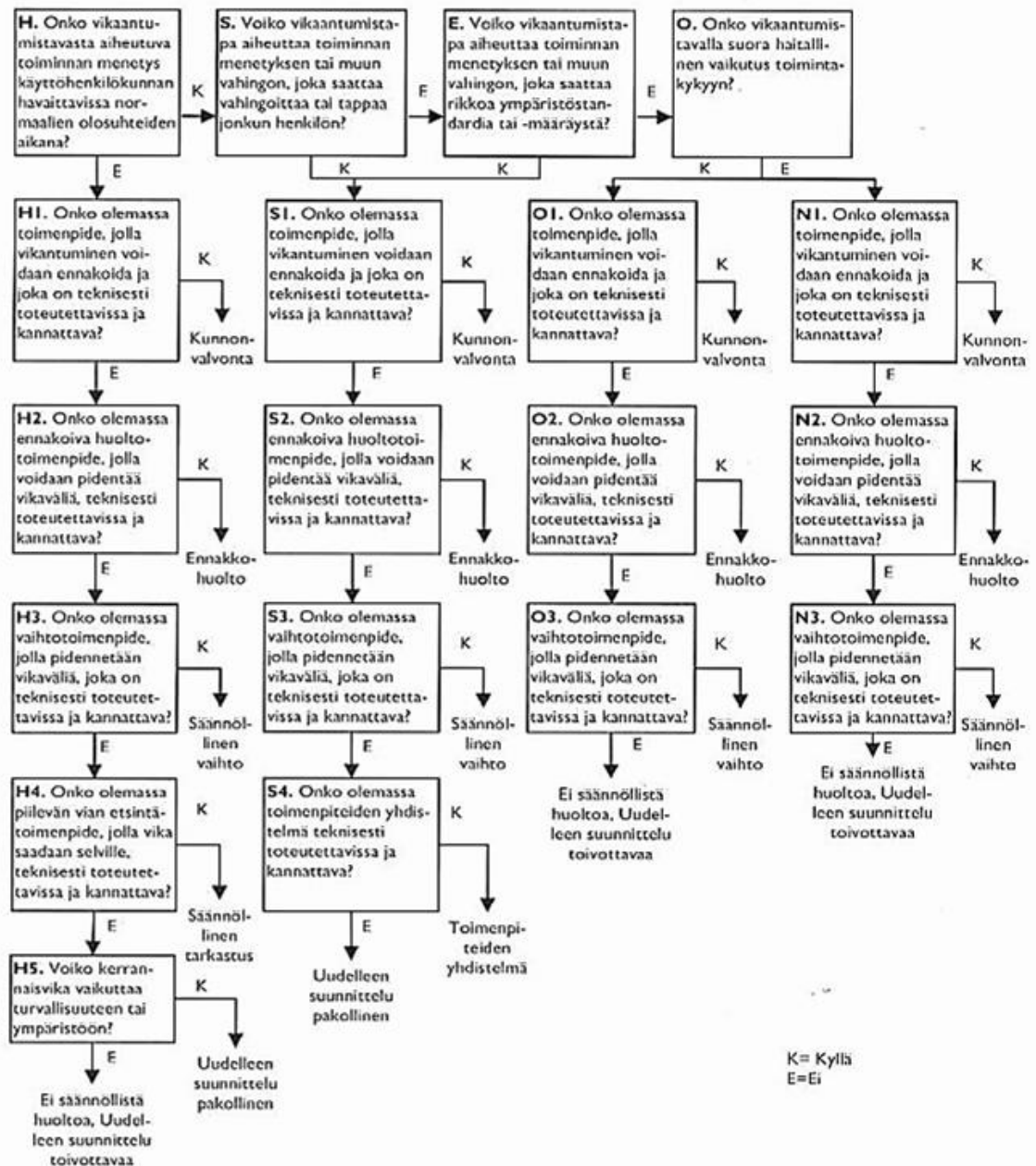
Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM (*Reliability Centered Maintenance*) keskittyy ehkäisevän kunnossapidon kehittämiseen. RCM -menetelmässä tutkitaan kaikkien laitteiden kriittisyys ja kunnossapidon tarve, minkä jälkeen siirrytään suunnittelemaan kunnossapitostrategiaa laitteille. [1, s. 163.]

Tärkeimmät tavoitteet RCM-menetelmässä:

- Asetetaan laitteet kriittisyysjärjestykseen ja kohdistetaan kunnossapito laitteisiin, jotka tarvitsevat kunnossapitoa.
- Laitteiden vikaantumismekanismit selvitetään ja hyödynnetään kunnossapitosuunnitelman laatimisessa.
- Prosessin raja- ja turvalaitteet, jotka laitteiden normaalin käynnin aikana ovat passiivisia, huomioidaan kunnossapidossa.
- Laitteille, joille ei löydy riittävän tehokasta kunnossapitomenetelmää, luodaan toimintasuunnitelmat vikaantumisen varalle.
- Laitteiden käyttäjiä koulutetaan ja ohjeistetaan valvomaan kriittisimpiä laitteita.
- Analysoidaan kunnossapidon kustannuksia, parannetaan laitteiden luotettavuutta ja tuotannon tehokkuutta.

Tyypillistä RCM-menetelmälle ovat laitteen tapauskohtainen tutkiminen vikaantumisen varalle ja mahdollisten kunnossapitomenetelmien selvittäminen. Prosessien laitteille suoritetaan priorisointi, jonka avulla pystytään kohdistamaan kunnossapitoa tehokkaammin. RCM-menetelmässä kriittisten laitteiden vikaantumiseen pyritään pääsemään kiinni selvittämällä vikaantumisen mahdolliset olosuhteet ja tilanteet, jotka voivat aiheuttaa toimintahäiriön eli laite ei pysty suorittamaan tarvittavaa tehtävää. Kriittisille laitteille suoritetaan perusteellinen vika-vaikutusanalyysi, jonka perusteella niille luodaan kunnossapitosuunnitelma. [1, s. 164 - 164.]

Kunnossapidon suunnittelussa voidaan käyttää päätöksentekokaaviota, joka on esitetty kuvassa 7. Päätöksentekokaavion avulla pystytään määrittämään tarvittavat kunnossapitotoimet laitekohtaisesti. Vikaantumisen hallintaan käytetään proaktiivisia tehtäviä ja korjausohjeita. Proaktiivisia tehtäviä eli ehkäisevää kunnossapitoa käytetään ennen laitteen vikaantumista toimimattomaan tilaan. Proaktiivisiin tehtäviin kuuluvat jaksotettu korjaus, jaksotettu uudistaminen ja kunnonvalvonta. Korjausohjeet laaditaan laitteiden rikkoontumista varten. Korjausohjeisiin kuuluvat vian etsintä ja korjaava kunnossapito. RCM - menetelmää oikein käytettynä pystytään vähentämään kunnossapidon määrää 40 - 70 %. Priorisoinnin ansiosta kunnossapitoa pystytään keskittämään taloudellisesti merkittäviin kohteisiin. [1, s. 166 - 168.]



Kuva 7 RCM päätöksentekokaavio [1, s. 168].

7.3 Asset management

Asset management eli tuotanto-omaisuuden hallinta on menetelmä, jota käytetään kunnossapitostrategian suunnittelussa. *Asset management*issa pyritään rajaamaan kriittiset laitteet prosesseista ja keskittämään kunnossapito niihin. Kriittisiä laitteita on menetelmän perusteella noin 20 %. Tavoitteena on optimoida kunnossapitoa paremmaksi ja kustannustehokkaammaksi. *Asset management* otetaan käyttöön, kun yrityk-

sellä on ollut RCM- ja TPM-menetelmät käytössä kunnossapitostrategioiden hallinnassa.

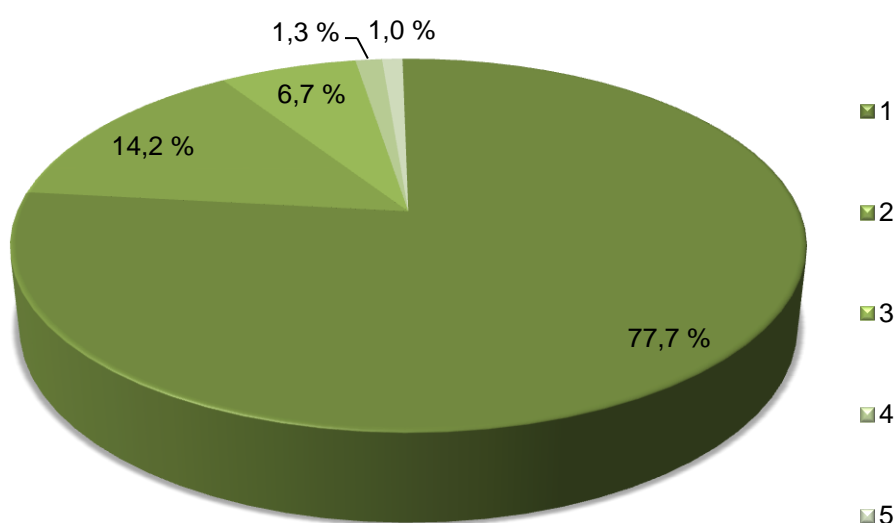
Asset management-menetelmä muodostuu viidestä vaiheesta:

- Parannetaan suunnittelua, raportointia ja kunnonvalvontaa, jotta ongelmalaitteet saadaan paremmin selville.
- Korjaava kunnossapito muutetaan ehkäisevään kunnossapitoon. Mittarina muutoksessa käytetään häiriökorjausten osuutta kunnossapidossa.
- Kunnossapito ja käynnissäpito yhdistetään yhdeksi kokonaisuudeksi. Koneiden käyttäjien merkitys korostuu kunnossapidossa.
- Lisätään laitteiden luotettavuutta selvittämällä laitteiden vikaherkät osat.
- Kunnossapidon avulla tuotantokapasiteettin käyttö asetetaan sopivaksi.

Menetelmän ensimmäisessä vaiheessa selvitetään kunnossapidon nykytilanne ja todelliset kunnossapitotarpeet. Kunnossapidon optimoinnilla pyritään karsimaan liikaa kunnossapitoa, saavuttamaan kustannussäästöjä ja ohjaamaan kunnossapito sitä tarvitseville laitteille. Kunnossapidon tilan selvittäminen alkaa laitehierarkian ja kriittisyysanalyysin laatimisella. Samalla tutkitaan laitteiden kunto ja niiden käyttötavat. Laitteiden VVA:ta eli vika-vaikutusanalyysia kannattaa käyttää apuna kriittisyysmäärityksen kustannusarvioissa. Kriittisyysanalyysin kautta luodaan laitteille kunnossapitostrategiat. Laitteille tehtyjen määritysten ja tarkastusten perusteella luodaan niille toimintasuunnitelmat eli millaista kunnossapitoa suoritetaan. Suunnitelmien jälkeen laitteet kunnostetaan TPM-menetelmän mukaisesti, jossa käytetään 5S-työkalua apuna. Laitteiden korjauksen jälkeen tuotantotavoitteet asetetaan. Niihin pääsemiseksi koneiden täytyy toimia luotettavuustason mukaisesti. Kunnossapito suunnitellaan luotettavuustason täyttäväksi ja kustannukset minivoiviksi. [1, s. 124 - 125.]

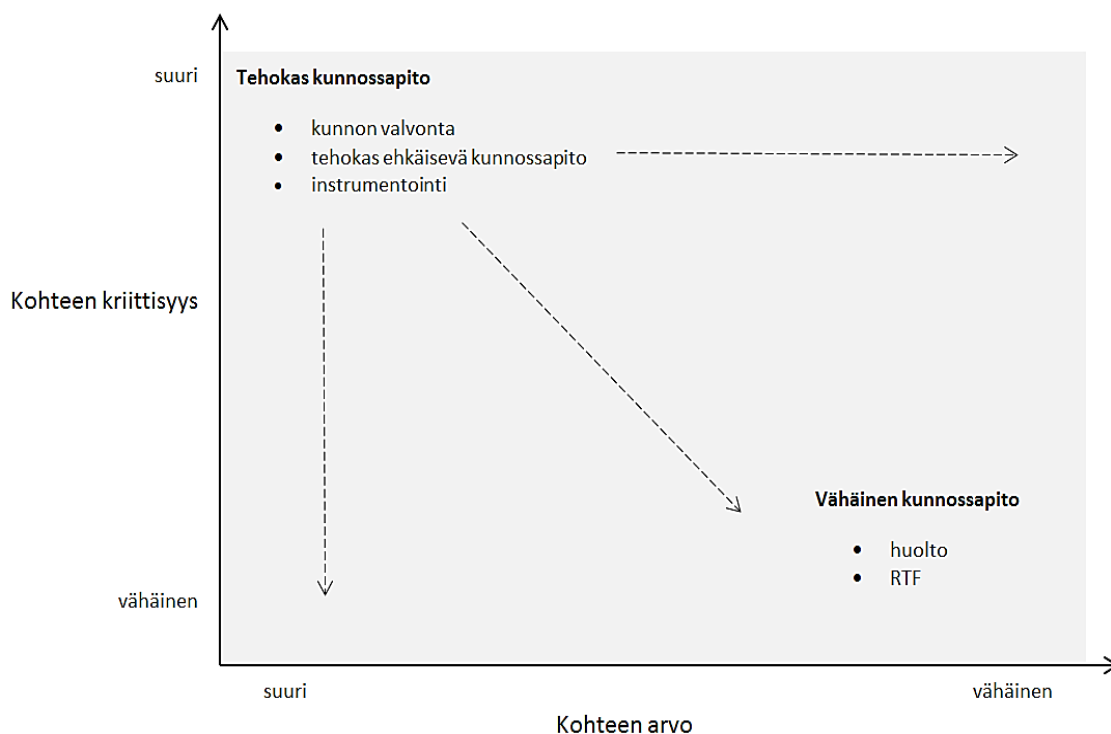
8 Kriittisyysluokittelu

Kunnossapidon määrä ja ajankohta suunnitellaan yleensä sen mukaan, että saadaan kunnostettua kaikki tiedossa olevat viat sekä korjattua ja huollettua kaikki tekniset paikat. Varsinkin reagoivassa kunnossapidossa korjaavan kunnossapidon määrä on suuri. Kunnossapidon kiireellisyysluokitus on havainnollistettu kuvassa 8, jossa esitetty monissa teollisuusyrityksissä esiintyvää kunnossapitoa. Kiireellisyys jaetaan 1 - 5, jossa 1 = kiireellisin, 4 = kiireetön ja 5 = ei määritelty. Kaaviosta selviää, että kunnossapitotöistä yleisesti teollisuudessa yli 77 % on kiireellisiä. [1, s. 93.]



Kuva 8 Kiireellisyysjakauma [1, s. 93].

Kunnossapitotöiden kiireellisyyden ja tärkeyden määrittämiseen tarvitaankin kriittisyysanalyysiä. Kuvassa 9 esitetään kunnossapidon kehittäminen kohteen arvoon ja kriittisyyteen perustuen. Arvokkaille ja tuotannon kannalta kriittisille laitteille kohdistetaan kaikista tehokkainta kunnossapitoa. Vähemmän kriittisille laitteille kohdistetaan vain vähäistä kunnossapitoa, joka yleisesti käsittää huoltoa. Vähemmän kriittiset laitteet voidaan useasti ajaa myös rikkoontumiseen asti, josta käytetään lyhennettä RTF. Kriittisyys kuvaa laitteen vikaantumisriskin suuruutta. Kriittisyysluokittelun avulla kunnossapito pystytään optimoimaan paremmin, koska saadaan parempi tieto laitteistojen kunnossapidon tarpeesta. Kriittisyysmäärittelyä käytetään apuna myös kunnonvalvonnessa. Kriittisimpiin kohteisiin kohdistetaan eniten huoltoa ja kunnonvalvontaa.



Kuva 9 Kriittisyyden merkitys kunnossapidolle [1, s. 113].

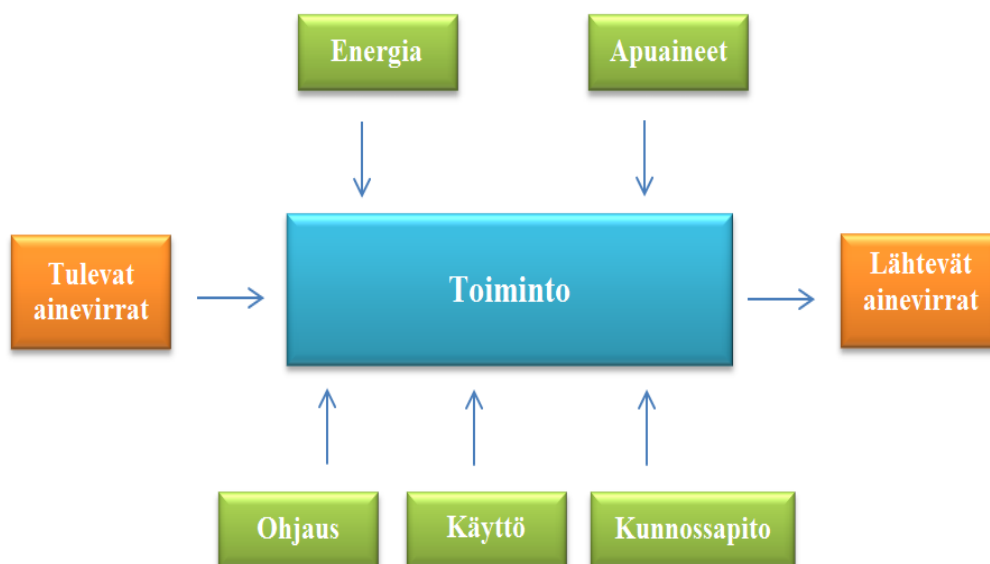
8.1 Kriittisyysanalyysi

Tuotannon parantamiseksi ja kunnossapitokustannusten vähentämiseksi tarvittavan kunnossapidon määrittämiseksi laitteille suoritetaan kriittisyysanalyysi, jonka avulla osataan kohdistaa kunnossapito tuotannon kannalta tärkeisiin kohteisiin.

Kriittisyysanalyysin vaiheet:

- Rajataan kohde ja prosessit, jotta pystytään työskentelemään tehokkaasti.
- Jaetaan prosessi pienempiin toiminnallisiin kokonaisuuksiin, esimerkiksi polttoainekuljetin.
- Laitteille määritellään halutut toiminnot ja selvitetään mitä kunnossapidolla halutaan estää. Toimintoon kuuluvat osat on eritelty kuvassa 10. Valmistajan ohjeita, vikahistoriaa, varaosien kulutusta ja kunnonvalvontatietoja kannattaa käyttää hyödyksi.

- Priorisoidaan eli jaetaan kriittisyyden mukaan tärkeysjärjestykseen. Kohteet jaetaan kolmeen ryhmään: A, B ja C.
- Laaditaan uudet kunnossapito-ohjeet. [1, s. 100.]



Kuva 10 Toiminnon määrittely [1, s. 101.]

Tärkeimmät ja kriittisimmät laitteet, noin 25 % laitteista, kuuluvat A - ryhmään. Kunnossapidossa keskitytään A - ja B - ryhmiin. C - ryhmän laitteille riittää huolto, koska ryhmän laitteiden rikkoutuessa ne eivät vaaranna tuotantoa. Laitteiden ryhmäjoissa käytetään kriittisyyslukua eli R-kirjainta perusteena. Kriittisyysluvun laskemiseen käytetään kaavaa 3. Kaavassa käytetyt luvut tulee jaotella, esimerkiksi asteikon 1 - 5 merkityksen mukaan.

$$R = T \times (M + K + HY + VL + VO) \quad (3)$$

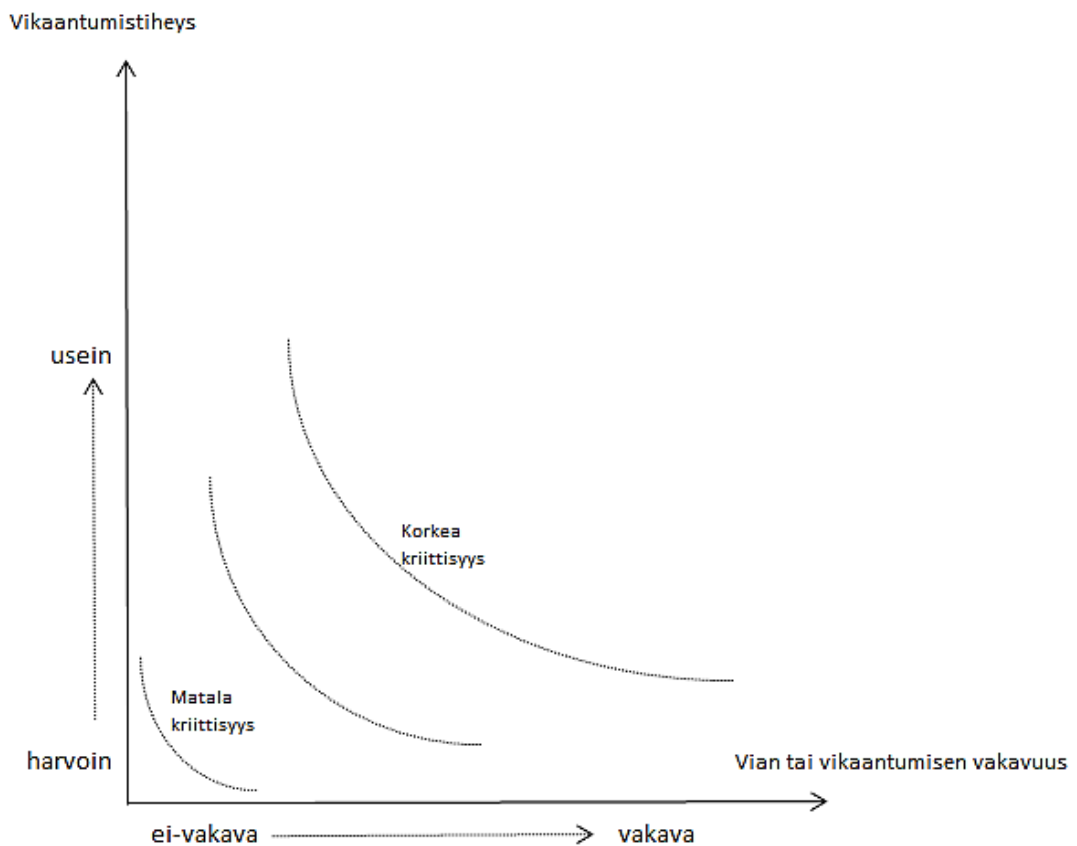
, jossa

- T = tapahtuman todennäköisyys
- M = materiaalivahinkojen määrä
- K = tuotantomennytykset
- HY = henkilöstö- ja ympäristövaara
- VL = varalaitteen saatavuus
- VO = varaosan saatavuus

Kriittisyysluvun laskennassa täytyy tietenkin huomioida yrityksen toiminnan luonne ja korostaa tuotannolle tärkeitä asioita. [1, s. 101.]

8.2 Kriittisyysmatriisi

Kriittisyysmatriisin avulla voidaan laitteen kriittisyys määritellä vikaantumistiheyden ja vikaantumisen vakavuuden perusteella. Kriittisyysmatriisi on esitetty kuvassa 11. Vikaantumisen vakavuuteen vaikuttavat esimerkiksi taloudelliset kustannukset, ympäristöriskit tai turvallisuusvaarat. Laitteet voidaan jakaa esimerkiksi neljään eri kriittisyysryhmään. [11.]



Kuva 11 Kriittisyysmatriisi SFS-EN 13306 [11].

8.3 Asset managementin kriittisyysluokittelu

Asset management-menetelmän kriittisyysluokitus määritetään laitteen arvon ja rikkoontumisesta aiheutuvien kulujen määränä. Laitteet jaetaan viiteen eri ryhmään kustannusten mukaan. Ympäristö- ja turvallisuusvaikutukset nostetaan taloudellisten asioiden yläpuolelle, koska ympäristö- ja turvallisuusongelmilla voi olla rahallisesti suuriakin merkityksiä. Menetelmässä jaetaan prosessit taulukon 2 mukaisesti, jotta saadaan käsitys prosessin taloudellisista tai turvallisuusuhkista. Taulukkoa käytettäessä on tärkeää arvioida kustannusten suuruudet yrityskohtaisesti sopiviksi sekä huomioida ovatko loukkaantumis- ja ympäristövahingot mahdollisia tuotannon yhteydessä.

Taulukko 2 Kriittisyysluokat [1, s. 125].

Seisokin kustannukset	Prosessin koodi	Komponentin koodi
Loukkaantuminen, ympäristövahinko		1
100 000 € >	H (Korkea, High)	2
10 000 – 100 000 €	M (Keskinkertainen, Medium)	3
1 000 – 10 000 €	L (Matala, Low)	4
< 1 000 €	N (Merkityksetön, None)	5

Kriittisyysmäärittely aloitetaan määrittelemällä laitteiden arvot ja vaurioista syntyvät kulut. Taulukosta 3 pystytään määrittelemään tarvittava kunnossapidon määrä laitteen kriittisyyden mukaan. Taulukon 3 vaurio- ja laitearvot täytyy sovittaa yrityskohtaisesti sopivan suuruiseksi. Taulukosta saadaan laitteelle kriittisyystunnus, esimerkiksi kriittimpään luokkaan kuuluvat laitteet merkitään H1:llä, joka muodostuu vaurion ja laitteen arvon suuruudesta. [1, s. 125 - 126.]

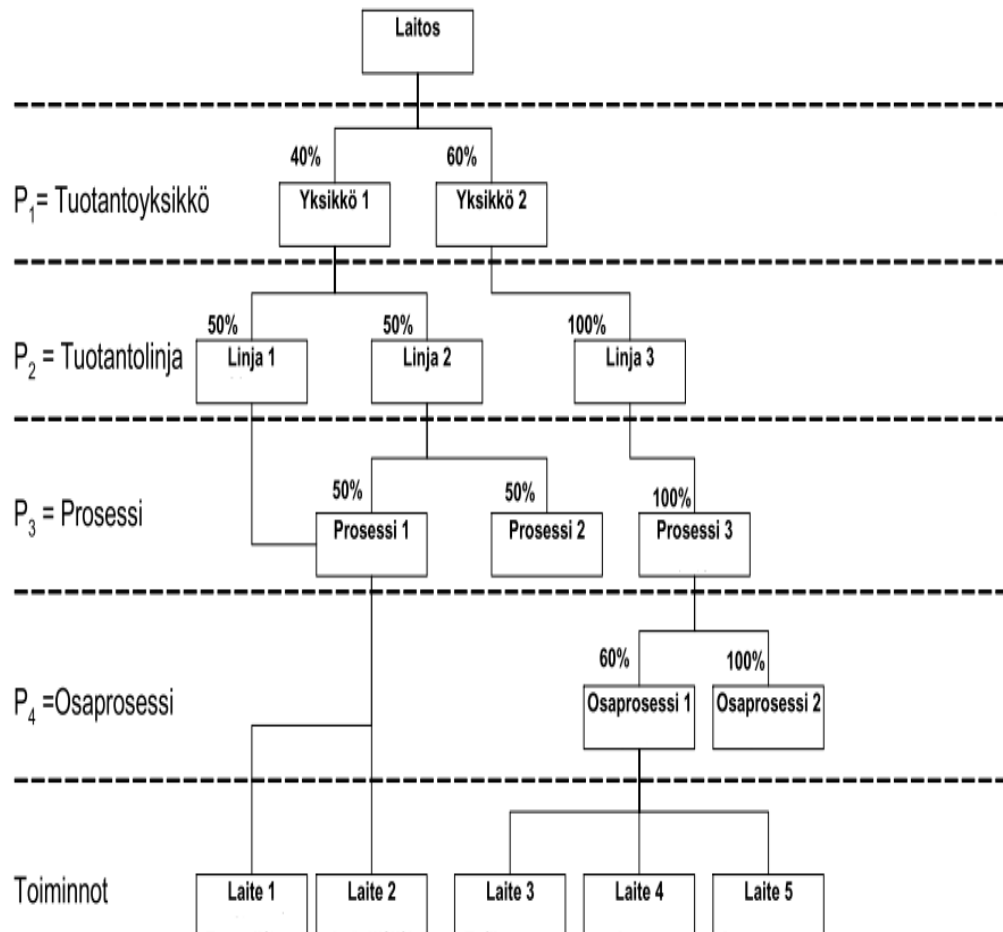
Taulukko 3 Asset managementin kriittisyysmäärittely [1, s. 126].

Kriittisyys	Laitteen arvo (€)				
	1 Turvallisuus ympäristö	2 yli 100 000 €	3 10 000 - 100 000 €	4 1 000 - 10 000 €	5 alle 1000 €
Korkea, H Vaurio aiheuttaa yli 100 000 € menetykset	<ul style="list-style-type: none"> Jatkuva seuranta Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto Monitorointi 	<ul style="list-style-type: none"> Jatkuva seuranta Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Tarkastus Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto Tarkastus Vaihdon aikataulutus 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto Tarkastus
Keskikertainen, M Vaurio aiheuttaa 10 000 - 100 000 € menetykset	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto Tarkastus 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto RTF
Matala, L Vaurio aiheuttaa 1 000 - 10 000 € menetykset	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Jäljellä olevan toiminta-ajan arviointi Huolto Korjaamisen suunnittelu 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Korjaamisen suunnittelu 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto RTF 	<ul style="list-style-type: none"> Käyttö huoltaa RTF
Merkityksetön, N Vaurio aiheuttaa alle 1 000 € menetykset	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Korjaamisen suunnittelu 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus Korjaamisen suunnittelu 	<ul style="list-style-type: none"> Kunnonvalvonta Huolto Tarkastus 	<ul style="list-style-type: none"> Huolto RTF 	<ul style="list-style-type: none"> Käyttö huoltaa RTF

8.4 Riskianalyysi

PSK:n standardi 6800 luokittelee teollisuuden laitteet taloudellisista näkökulmista katsoen. Menetelmässä ennen kriittisyysluokittelun tekoa määritellään rajausta tarkasteltavalle tuotannon osalle. Valitulle tuotannon osalle lasketaan tuotannon menetyksen painoarvokerroin W_p , joka määritetään kaavan 4 avulla. Painoarvokertoimen laskentaan täytyy määrittellä laitoksen prosessien kertoimet kuvan 12 esimerkin mukaisesti. Voimalaitoksen polttoainejärjestelmän vaikutuskertoimet on kuvattu liitteessä 3. [8.]

$$W_p = P_4 * P_3 * P_2 * P_1 \quad (4)$$



Kuva 12 Prosessien vaikutuskertoimet [8].

Laitetason kriittisyyskijät saadaan taulukosta 5. Taulukon lukuarvot pitää määrittellä sopiviksi tapauskohtaisesti teollisuuden alan tuotantoon sopivaksi.

Taulukko 5 Laitteiden kriittisyyden lukuarvotaulukko [8].

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$	1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta 2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2 – 5 vuotta 4 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5 – 2 vuotta 8 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0 – 0,5 vuotta	$M_s = 0$	Ei turvallisuusriskiä
			$M_s = 2$	Vähäinen turvallisuusriski
			$M_s = 4$	Kohtalainen turvallisuusriski
			$M_s = 8$	Merkittävä turvallisuusriski
			$M_s = 16$	Vakava turvallisuusriski
	Ympäristöriskit $W_e = 20$		$M_e = 0$	Ei ympäristöriskiä
			$M_e = 2$	Vähäinen ympäristöriski
			$M_e = 4$	Kohtalainen ympäristöriski
			$M_e = 8$	Merkittävä ympäristöriski
			$M_e = 16$	Vakava ympäristöriski
Tuotantovaikutukset	Tuotannon menetykset $W_p = 0...100$	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle	
		$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_p = 3$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi 10 - 24 h)	
		$M_p = 4$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi > 24 h)	
	Laatukustannus $W_q = 30$	$M_q = 0$	Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.	
		$M_q = 1$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 1 h)	
		$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 3 h)	
		$M_q = 3$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 3-8 h)	
		$M_q = 4$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 8 h)	
Korjaus- tai seurauskustannukset	Korjaus- tai seurauskustannus $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.	
		$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 2 h)	
		$M_r = 2$	Keskinertaiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi ≤ 10 h)	
		$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)	
		$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi > 24 h)	

Laitteen kriittisyys määritetään laskentataulukon avulla, johon sijoitetaan luvut taulukkoa 5 apuna käyttäen. Laskentataulukko ilmaisee laitteen kriittisyyden myös osaindeksinä:

- turvallisuusriski, K_s
- ympäristöriski, K_e
- tuotannon menetys, K_p
- laatumenetykset, K_q
- korjauskustannukset, K_r

Laskentataulukko löytyy liitteenä 1. Laskentataulukko laskee kriittisyyden K arvon kaavalla 5.

$$K = p \cdot (W_s \cdot M_s + W_e \cdot M_e + W_p \cdot M_p + W_q \cdot M_q + W_r \cdot M_r) \quad (5)$$

, missä

- p = vikaantumisväli
- W_s = turvallisuuden painoarvokerroin
- M_s = turvallisuusriski
- W_e = ympäristön painoarvokerroin
- M_e = ympäristöriski
- W_p = tuotannonpainoarvokerroin
- M_p = tuotantoriski
- W_q = laadun painoarvokerroin
- M_q = laaturiski
- W_r = korjauskustannusten painoarvokerroin
- M_r = korjauskustannusten / seurauskustannusten suuruus

9 Työn toteutus

Kriittisyysmäärittelyn arvioinnissa apuna käytettiin voimalaitoksen kunnossapito-ohjelmaan Arrow Maintiin kirjattuja työmäärimiä ja päiväkirjamerkintöjä. Kunnossapitotietoa oli saatavilla siitä saakka, kun Arrow Maint -järjestelmä oli otettu käyttöön voimalaitoksen valmistuttua vuonna 2009. Työmäärinten ja päiväkirjamerkintöjen avulla pystyttiin määrittelemään laitteiden vikaantuminen ja niiden aiheuttamat häiriöt tuotannossa. Vikaantumisvälit selvitettiin Arrow Maintiin kirjattujen häiriöiden kautta. Kriittisyysmäärittelyn alkuvaiheessa PSK:n standardin 6800 avulla laadittiin sopiva laskentataulukko, joka korostaisi energian tuotannolle tärkeitä asioita, ja josta olisi selkeä havaita tuotannon kriittiset kohdat. Laitteiden kriittisyyden määrittämiseksi muokattiin kriittisyystekijätaulukko sopivaksi voimalaitoksen toimintaa varten.

9.1 Arrow Maint -kunnossapitojärjestelmä

Arrow Maint-kunnossapitojärjestelmä on jyvaskyläläisen Arrow Engineering Oy:n valmistama kunnossapidon tietokanta- ja toiminnanohjausjärjestelmä. Järjestelmässä voidaan hallita laite-, varaosa-, ja toimittajarekisteriä. Järjestelmällä voidaan tehdä vikailmoituksia ja aikatauluttaa kunnossapitotyöt kalenteriin. Järjestelmä on toimialariippumaton, ja sen avulla pystytään hoitamaan kaikkien teollisuusalojen kunnossapitotyöt. Järjestelmästä pystytään laitehistorian kautta saamaan graafisia raportteja, joiden avulla on helpompi havainnollistaa kunnossapidon tilaa. Käyttöpäiväkirjan käyttö on joka päiväistä Keravan Energia Oy:n toiminnassa. Arrow Maintin päiväkirjaan merkitään laitosten toimintaan liittyvät asiat, joita havaitaan työpäivän aikana. Käyttöpäiväkirjaa voidaankin käyttää hyödyksi vikaantumisen seurannassa ja tarvittaessa kohdistaa kunnossapitoa. Työmääräykset kirjataan myös Arrow Maintiin, jolloin työt ovat helposti saatavilla. Töiden kuittaukseen parannusta on saatu investoimalla voimalaitoskäyttäjien matkapuhelimien laatuun. Töiden kuittauksen helppouden ansiosta tehtyjen töiden selvittäminen on helpompaa. [7.]

9.2 Kriittisyysmäärittelyn arvojen määrittäminen

Kriittisyysmäärittelyn arvoja sovellettiin sopiviksi voimalaitoksen tuotanto-olosuhteisiin. Vikaantumisvälin painotus on lyhyen aikavälin häiriöihin, koska niitä esiintyy useasti johtuen suuresta automaation määrästä.

Vikaantumisväli (1 - 8)

1 = Yli 2 v, pitkä vikaantumisväli, vikaantuminen harvinaista

2 = 0,5 - 2 v, pitkäkö vikaantumisväli

4 = 4 - 6 kk lyhyehkö vikaantumisväli

6 = 1 - 4 kk, vikaantuu useasti ja häiritsee tuotantoa

8 = 0 - 1 kk lyhyt vikaantumisväli, vikaantuu toistuvasti ja heikentää tuotantoa

Turvallisuus (1 - 16)

0 = Ei turvallisuusriskiä

2 = Vähäinen turvallisuusriski

4 = Kohtalainen turvallisuusriski

8 = Huomattava turvallisuusriski

16 = Vakava turvallisuusriski

Ympäristö (1 - 16)

0 = Ei ympäristöriskiä

2 = Vähäinen ympäristöriski

4 = Kohtalainen ympäristöriski

8 = Huomattava ympäristöriski

16 = Vakava ympäristöriski

Tuotannonmenetys (0 - 4)

0 = Ei merkitystä tuotantoon

1 = Vikaantuminen heikentää tuotantoa

2 = Vikaantuminen heikentää tuotantoa merkittävästi

3 = Vikaantuminen pysäyttää tuotannon 8 h kuluessa

4 = Vikaantuminen pysäyttää tuotannon 1 h kuluessa

Korjauskustannukset (0 - 4)

0 = Korjauskustannuksilla ei ole merkitystä

1 = Korjauskustannukset ovat vähäiset ja vain hetkellisiä tuotannon menetyksiä

2 = Korjauskustannukset ovat kohtalaiset

3 = Korjauskustannukset ovat suuret ja tuotannon menetys 6 – 12 h

4 = Korjauskustannukset ovat hyvin korkeat ja tuotannon menetys pitkä, yli 12 h




Laskentataulukon painoarvokertoimet painotettiin enemmän kustannustehokkuutta ajatellen. Kriittisyysmäärittelyn laskentataulukko löytyy liitteestä 1. Painoarvokertoimien painotuksella pystytään kohdistamaan kunnossapito kriittisiin laitteisiin, joiden vikaantuminen aiheuttaa suuret tuotannonmenetykset tai häiritsee tuotantoa. Voimalaitoksen turvallisuus- ja ympäristöuhkien määrittelyn painoarvokertoimet pidettiin matalina, koska voimalaitoksen suunnittelussa on otettu huomioon tarkasti turvallisuus- ja ympäristöasiat. Voimalaitoksen turva- ja varolaitteet on suunniteltu mahdollisten uhkien varalta.

Määritetyt painoarvokertoimet laskentataulukkoon ovat:

- turvallisuus - 20
- ympäristö - 10
- tuotannonmenetys - 100
- korjauskustannus - 30.

Kriittisyysmääritellyt laitteet jaetaan kolmeen ryhmään laskentataulukosta saadun kriittisyysindeksin mukaan. Luokkien jaottelu näkyy taulukossa 6. Luokittelun perusteella tietyn luokan laitteille kohdistetaan sopivaa kunnossapitoa.

Taulukko 6 Kriittisyysluokat

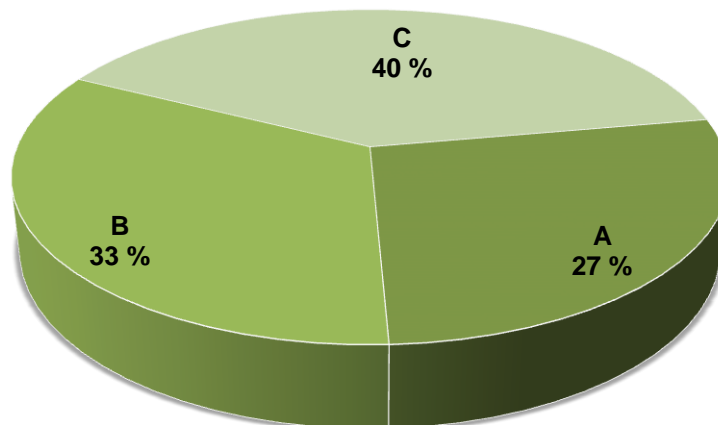
Kriittisyysluokat		Kriittisyysindeksi
A		1000
B		500 - 1000
C		0 - 500

9.3 Vika-vaikutusanalyysi

Analyysissä käytettiin työkaluna yksinkertaista vika-vaikutustaulukkoa, joka on esitetty liitteessä 2. Käsiteltäviksi laitteiksi valittiin kriittisyysmäärittelystä saatujen A- ja B-ryhmien laitteet, joilla on eniten vaikutusta tuotantoon. Samalla pystyttiin rajaamaan käsiteltävä joukko tarvittavan pieneksi, jotta pystytään analysoimaan laitteiden vikoja ja niiden seurauksia. VVA-analyysissä käsitellään myös laitteiden kunnossapidon määrittystä. Taulukossa voidaan määrittää laitteelle tarvittavia kunnossapitotoimia.

9.4 Kunnossapidon kehitys

Kriittisyysanalyysissä käsiteltiin 182 laitekokonaisuutta, joilla on vaikutusta voimalaitoksen toimintaan ja tuotantoon. Kriittisyysmäärittelyssä laitteet jaettiin kolmeen ryhmään, A-, B- ja C-ryhmään. Kriittisyyden jakautuminen nähdään kuvassa 13, jonka perusteella suurin osa laitteista kuuluu ryhmään C määrittelyn perusteella. Kunnossapitotoimet keskitetään A- ja B-ryhmien laitteisiin, jotka aiheuttavat eniten tuotannon menetyksiä vikaantumisella.



Kuva 13 Kriittisyyden jakauma

Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelussa voidaan käyttää laitteen kriittisyysluokkaa apuna. Kriittisimpien laitteiden eli A- ja B-ryhmien laitteiden kunnossapitoon käytettävät menetelmät:

- kunnonvalvonta
- jatkuva seuranta
- tarkastus
- huolto
- toimintojen uudelleensuunnittelu.

Kunnonvalvonnan avulla pystytään tiedostamaan laitteen toiminnallinen tila ja ennaltaehkäisemään äkilliset katkokset tuotannossa. Voimalaitokselle tehtävillä käynnissäpitokierroksilla kannattaa kiinnittää huomio kriittisiin laitteisiin, varsinkin jos laitteilla ei ole jatkuvaa seurantaa tai kiinteää kunnonvalvontaa. Käynnissäpitokierroksen lisäksi kriittisille laitteille kannattaa suorittaa kunnonvalvontamittauksia säännöllisin väliajoin riippuen laitteen kunnosta.

Laitteille, joiden vikaantuminen on toistuvaa ja aiheuttaa häiriötä tuotannolle, kohdistetaan uudelleensuunnittelua. Suunnittelun avulla pyritään selvittämään vikaantumisen syyt ja se, voisiko laitteen rakennetta, käyttöä tai asetuksia muuttamalla saada laite toimimaan ilman vikaantumista. Laitteille suoritetaan kunnossapitostrategiassa suunnitellut säännölliset huollot toiminnan varmistamiseksi.

Kriittisyysryhmä C:n laitteille kohdistetaan tarvittavat huoltotoimenpiteet toimintakunnon ylläpitämiseksi. Jos laitteen hankintahinta on pieni ja rikkoontumisesta johtuvat tuotannon menetykset ovat vähäiset, niin laitteelle käytetään RTF-periaatetta eli ajetaan rikkoontumiseen saakka.

Kriittisyysmäärittelyn perusteella pystytään ennakoimaan laitteiden vikaantumista ja kohdistamaan kunnossapito tuotannon kannalta tärkeisiin laitteisiin. Joillekin laitteille varaosien saaminen voi kestää useita päiviä, jos ne joudutaan tilaamaan ulkomailta. Kriittisyysmäärittelyn tärkeille laitteille varaosien saatavuutta voidaan parantaa selvittämällä osien toimitusaikataulu ja varastotilanne.

10 Tulokset ja päätelmät

Kriittisyysmäärittelyt jaettiin pienempiin kokonaisuuksiin opinnäytetyön määrittelyjen helpottamiseksi. Laitoksen prosessit jaettiin polttoaineen käsittelyyn, kattilan toimintaan, palamistuotteisiin, tuotantoon ja voimalaitoksen yleisiin laitteisiin.

10.1 Keskeiset tulokset

10.1.1 Polttoainejärjestelmät

Polttoaineen käsittelyyn keskityttiin paljon, koska polttoainelogistiikalla on vaikutusta tuotantoon. Polttoainejärjestelmä jaettiin osaprosesseihin: vastaanotto, seulomo, varastosiilo, päiväsiilot ja maakaasu. Vastaanoton kriittisiksi laitteiksi määriteltiin kolapurkaimet, turvapiirit ja kolapurkaimien työsylinterit. Vastaanoton toimintaan vaikuttaa käytettävän polttoaineen laatu, josta voi syntyä häiriöitä kolapurkaimille ja hajotusteloille. Kolapurkaimien toiminnassa esiintyviin häiriöihin vaikuttavat asetetut säädöt polttoaineen syötölle. Korkeampi kuormitus asettaa järjestelmät alttiimmaksi järjestelmähäiriöille. Turvapiirien ongelmia ovat aiheuttaneet säädöt ja inhimilliset käyttövirheet. Turvapiirien toimintaan pystytään vaikuttamaan uudelleensuunnittelemalla laitteiston toimintaa ja tarkastamalla järjestelmän säädöt. Turvapiirien ja kolapurkaimien häiriöt keskeyttävät polttoaineen syötön. Täydellä teholla ajettaessa kattila tarvitsee kolme toiminnassa olevaa polttoainevastaanottoa, jotta tehot säilyvät kattilassa.

Polttoaineen laadun tasaisuuden kannalta tärkeä on seulomo, jossa sijaitsevat seula, kivitunnistin, raudanerotin ja murskain. Polttoaineen käsittelyprosessissa suurin osa häiriöistä johtuu seulomon laitteista. Murskaimen toimintahäiriön aikana voidaan käyttää polttoaineen ohitusta, mutta murskaimen häiriön korjauskustannukset ja tuotannon menetykset ovat merkittävät. Polttoainejärjestelmän kriittinen kohta on kolakuljetin vastaanotosta seulomoon.

Kriittisyysmäärittelyssä varastosiilosta esille nousivat kolakuljetin varastosiiloon ja ruuvipurkain. Kolakuljettimen merkitys on erittäin tärkeä, koska kuljettimen ollessa häiriötilassa tuotanto heikkenee. Varastosiilon ruuvipurkaimen ja siirtomoottorin toiminta heikentää tuotantoa, mutta polttoainetta voidaan ajaa suoraan seulomosta päiväsiiloille varastosiilon ohituksen kautta.

Päiväsiiloille polttoaineen kuljetus tapahtuu pitkällä kolakuljettimella, jonka toimintavarmuus on tärkeä tuotannon kannalta. Päiväsiilojen toiminnassa häiriötä aiheuttavat pinnanmittaukset, jotka vaikuttavat häiritsevästi voimalaitoksen operointiin. Päiväsiilojen ruuvipurkaimet ja sulkusyöttimien häiriöt vaikuttavat nopeasti kattilan tehoihin.

Maakaasua tarvitaan kattilan tulien sytyttämiseksi ja kattilalämpöjen ylläpitämiseksi kiinteän polttoaineen kuljetinhäiriöiden aikana. Maakaasulla ei kuitenkaan pystytä tuottamaan riittävästi tehoa sähkön ja lämmön tuottamiseksi suurilla tehoilla. Maakaasujärjestelmän toimintavarmuudella on vaikutusta häiriötilanteiden välttämiseksi.

10.1.2 Kattila

Kattilan palamisolosuhteiden ylläpidon kannalta kriittisiä laitteita ovat primääri- ja sekundääripuhaltimet, kalkin syöttö, syöttövesijärjestelmä ja kiertokaasupuhallin. Primääri-ilmapuhaltimen toiminta on tärkeää kattilan toiminnan kannalta. Primääri-ilma pitää leijupedin toiminnassa ja palamisilman virtauksen sopivana palamiselle. Palamisilman lämpötilaan ja kattilan hyötysuhteeseen vaikuttaa kiertokaasupuhallin, joka ottaa savukaasusta lämpöisen ilman kattilaan. Sekundääri-ilmapuhaltimen toiminnasta riippuvaisia ovat kattilan polttoaineen lopullinen palaminen, nuohoimet, kaasupolttimen palamis- ja jäädytysilma sekä savukaasujen happipitoisuus. Syöttövesijärjestelmän häiriöttömyys on tärkeää höyryn tuotannon kautta koko tuotannolle ja kattilan järjestelmien toiminnalle. Syöttöveden tuotolla on merkitystä lieriön toiminnalle ja höyryn tuotannolle turbiini- ja lämmönsiirtimiä varten.

Kattilan palamisesta syntyvien palamistuotteiden käsittelyn toimivuus on tärkeää tuotannon kannalta. Palotuotteisiin kuuluvat pohjatuhka, savukaasut ja lentotuhka. Kattilan leijupedin toiminnan ylläpitämiseksi pohjatuhkan ja pedin poisto tapahtuu säännöllisesti. Pohjatuhkan poistossa häiriötä aiheuttaa pohjatuhkaruuvi, jonka toimintaan vaikuttaa automaatio, jäähditys ja tukkeumat. Pohjatuhkan poistoa vaikeuttavat pohjatuhkan poiston vetojen tukkeumat, jotka johtuvat petimateriaalin laadusta ja suppiloiden muodoista.

Savukaasujen poistosta kattilasta vastaa savukaasupuhallin. Puhaltimen rikkoutuessa savukaasujenpoisto heikkenee. Savukaasujen hiukkasten poistosta vastaa sähkösuodatin, jonka rikkoutuessa savukaasujen hiukkaspäästöt kasvaisivat. Säh-

kösuodattimen savukaasuista erottamaa hiukkasainetta kutsutaan lentotuhkaksi. Lentotuhkan poiston häiriöt tuhkalähetimien, lentoruuvien ja pinnanmittauksien kanssa häiritsevät tuotantoa, ja voivat vikaantuessaan heikentää tuotantoa merkittävästi.

10.1.3 Tuotanto

Voimalaitoksen tuotantoon kuuluu sähkön- ja lämmöntuotanto. Lämmöntuotannon kannalta kriittisiä kohteita ovat kauko- ja prosessilämmönvaihtimien toiminta. Vaihtimilta eteenpäin lämmön siirrosta vastaavat pumput ovat tuotannon kannalta merkittäviä. Sähköntuotanto on riippuvainen höyryturbiinin vikaantumattomuudesta. Turbiinin automaatiojärjestelmään kuuluvien turbiinin ja vaihdelaatikon kunnonvalvonnan värähtelymittausten vaikutus sähköntuotantoon on suuri. Höyryturbiinin höyryn paine- ja lämpötilamittausten oikeellisuuden merkitys vaikuttaa koko höyryn tuotannon arvoihin ja turbiinin toimintaan. Turbiinin toiminnasta riippuvaisia ovat myös kaukolämmönvaihtimet 1 ja 2, joille höyry otetaan turbiinin käydessä korkeapaine- ja matalapaineväliotosta. Turbiinin väliottojen toiminnan varmuus heijastuu koko voimalaitoksen tuotantoon, koska väliotosta otetaan tarvittava lämmityshöyry tuotannon prosesseihin.

10.1.4 Voimalaitoksen yleiset laitteet

Koko voimalaitoksen toimintaan liittyviä kriittisiä laitteita ovat paineilma-, jäähdytys-, varasähkö- ja paloilmoinlaitteisto. Paineilman tuotannon tarpeellisuus korostuu kattilan ja turbiinin säätöjen toiminnassa. Paineilmalaitteistolla tuotetaan tarvittava paineilma instrumenttitekniikoiden suorittamiseksi. Suljetun jäähdytysverkon merkitys laitteiden toiminnan ja käyttöiän säilyttämisen kannalta on tärkeä. Vuodot jäähdytyspiirissä alentavat jäähdytystehoa ja vaikuttavat sitä kautta tuotantoon heikentävästi. Koko voimalaitoksen tuotantorakennukset kattavan palohälytysjärjestelmän toimintavarmuudella on merkittävä turvallisuusnäkökulma. Järjestelmähäiriöistä ja käyttövirheistä johtuvat palohälytykset vaikuttavat myös negatiivisesti yrityksen talouteen. Voimalaitoksen varasähkön tuotannon sähköntarve hetkellisten sähkökatkosten varalle hoidetaan UPS- akuston avulla. Akuston avulla suojataan myös voimalaitoksen laitteita tulovirran häiriöiltä ja estetään häiriöstä johtuvia tiedoston menetyksiä järjestelmistä.

10.2 Parannusehdotuksia

Opinnäytetyöstä saatujen tulosten perusteella ehkäisevän kunnossapidon ja kunnonvalvonnan suunnitellussa tulisi huomioida tuotannon kannalta kriittiset laitteet. Usein vikaantuvien laitteiden toimintaa tulisi tarkistaa ja tarvittaessa muuttaa asetuksia ja säätää käyntiarvoja. Tarvittaessa kriittisille ja usein vikaantuville laitteille tulee tehdä uudelleensuunnittelu rakenteellisten ja toiminnallisten arvojen suhteen, jotta tuotantoa häiritseviä vikoja pystyttäisiin vähentämään.

Voimalaitoksen kunnossapidon merkitys korostuu toiminta-ajan kasvaessa. Keravan biovoimalaitos on vielä uusi laitos, joten riittävällä ja oikein optimoidulla kunnossapidolla monien laitekokonaisuuksien elinikää pystytään jopa pidentämään. Kriittisyysmäärittelyn perusteella kunnonvalvontaa tulee kehittää kriittisten laitekokonaisuuksien toimintoihin. Kunnonvalvontaan kuuluvan säännöllistä käynnissäpitokierrosta on syytä kohdistaa kriittisten laitteiden toiminnan ja rakenteiden kunnonvalvontaan. Laitekokonaisuuksien kunnossapitostrategioita luodessa tulee ottaa huomioon kriittisyysmäärittelyn tulokset. Kunnossapitostrategian luomisessa tulee ottaa huomioon kaikki ehkäisevän kunnossapidon vaihtoehdot.

11 Yhteenveto

Opinnäytetyö tehtiin Keravan Energian biovoimalaitoksen kunnossapidon parantamiseksi. Tarve opinnäytetyölle tuli voimalaitoksen kunnossapidon kehittämisprosessista. Työn tavoite oli saada kunnossapitostrategian tueksi apuvälineitä, joiden perusteella voimalaitoksen kunnossapito voidaan suunnitella. Työhön käytettiin voimalaitoksen kunnossapito-ohjelmaan Arrow Maintiin kirjattuja kunnossapitomerkinlöjä. Arrow Maintin kunnossapitohistorian pohjalta laadittiin kriittisyysanalyysi koko voimalaitokselle.

Kriittisyysanalyysin tulosten perusteella valittiin kriittisimmät laitteet vika-vaikutusanalyysiin, jossa pohdittiin laitteiden vikaantumista, vikojen seurausta ja mahdollisia ehkäisevän kunnossapidon keinoja vikaantumisen ehkäisyyn. Haasteena kriittisyys- ja vika-vaikutusanalyysien teossa oli voimalaitoskokonaisuuden hallitseminen. Analyysien teon helpottamiseksi voimalaitoksen laitekokonaisuudet pidettiin riittävän suurina kokonaisuuksia, niin ettei syvennytty jokaiseen laitteeseen ja osaan erikseen.

Kriittisyysmäärittelyn tuloksena saatiin voimalaitoksen prossien laitteiden kriittisyysluokittelu. Kriittisyysmäärittelyn laitteet jaettiin kolmeen ryhmään. Ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu keskitetään kahteen ryhmään, jotka sisältävät kriittisimmät laitteet.

Opinnäytetyön tuloksena saatuja kriittisyys- ja vika-vaikutusanalyysiä käytetään yrityksen kunnossapidon kehittämiseksi. Analyyseja täydennetään tulevista kunnossapito- ja häiriöpalavereista saatujen tietojen avulla, jolloin kriittisyysmäärittelystä saadaan kattavampi kokonaisuus. Kunnossapidon merkitys korostuu voimalaitoksella tulevina vuosina, kun laitteiden elinikä ja vaurioiden määrä kasvavat.

Lähteet

- 1 Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 2 Lumme, V E. & Nohynek, P. 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. Rajamäki: KP-media Oy.
- 3 Kunnossapitoyhdistys ry. 2004. Teollisuusvoitelu. Helsinki: KP-media Oy.
- 4 Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito. Helsinki: KP-Media Oy.
- 5 Keravan Energia-yhtiöt. Verkkodokumentti.
<http://www.keravanenergia.fi/yritysinfo/keravan-energia-yhtiot/> Luettu 14.3.2014.
- 6 Keravan biovoimalaitos. Verkkodokumentti.
<http://www.keravanenergia.fi/yritysinfo/keravan-biovoimalaitos/> Luettu 14.3.2014.
- 7 Arrow Maint. Verkkodokumentti. <http://www.arroweng.fi/fi/> Luettu 15.3.2014
- 8 PSK Standardoimisyhdistys ry. PSK standardi 6800
- 9 Järviö, J. T. 2004. Kunnossapito Helsinki: KP-Media Oy.
- 10 Ruohonen, P. Luentomateriaali 17.4.2014. Metropolia.
- 11 Suomen Standardisoimisliitto. Kunnossapitosanasto. 2010. SFS-EN 13306 standardi.

Laitteiden kriittisyyden laskentataulukko



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : POLTTOAINE VASTAANOTTO

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 14.4.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

KRIITTISYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000

















500 - 1000



0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriitti- syy	Kriittisyys- luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1EAA10AF001	VASTAANOTTOASEMA 1	6	2	0	2	2	1800		240	0	1200	360
	KOLAPURKAIN	2	1	0	2	2	560		40	0	400	120
1EAA10CG301	TYÖSYLINTERI	1	2	0	1	1	170		40	0	100	30
1UED10CH301	VALOKENNO/TURVAPIIRI	4	8	0	1	2	1280		640	0	400	240
1EAC11AJ001	ALEMPI HAJOITUSTELA	4	0	0	2	1	920		0	0	800	120
	YLEMPI HAJOITUSTELA	2	0	0	2	1	460		0	0	400	60
1EAA20AF001	VASTAANOTTOASEMA 2	6	2	0	2	2	1800		240	0	1200	360
	KOLAPURKAIN	2	1	0	2	2	560		40	0	400	120
1EAA20CG301	TYÖSYLINTERI	2	2	0	1	2	400		80	0	200	120
1UED20CH301	VALOKENNO/TURVAPIIRI	4	8	0	1	2	1280		640	0	400	240
1EAC21AJ001	ALEMPI HAJOITUSTELA	1	0	0	2	1	230		0	0	200	30
	YLEMPI HAJOITUSTELA	1	0	0	2	1	230		0	0	200	30

2 (14)

1EAA30AF001	VASTAANOTTOASEMA 3	8	2	0	2	2	2400		320	0	1600	480
	KOLAPURKAIN	4	1	0	2	2	1120		80	0	800	240
1EAA30CG301	TYÖSYLINTERI	4	2	0	1	1	680		160	0	400	120
1UED30CH301	VALOKENNO/TURVAPIIRI	8	8	0	1	2	2560		1280	0	800	480
1EAC31AJ001	ALEMPI HAJOITUSTELA	4	0	0	2	1	920		0	0	800	120
	YLEMPI HAJOITUSTELA	2	0	0	2	1	460		0	0	400	60
1EAA40AF001	VASTAANOTTOASEMA 4	2	2	0	2	2	600		80	0	400	120
	KOLAPURKAIN	2	1	0	2	2	560		40	0	400	120
1EAA40CG301	TYÖSYLINTERI	1	2	0	1	1	170		40	0	100	30
1UED40CH301	VALOKENNO/TURVAPIIRI	4	8	0	1	2	1280		640	0	400	240
1EAC41AJ001	ALEMPI HAJOITUSTELA	2	0	0	2	1	460		0	0	400	60
	YLEMPI HAJOITUSTELA	1	0	0	2	1	230		0	0	200	30
1EAA10CH303	HÄTÄSEIS VAJERI	1	8	0	0	1	190		160	0	0	30
	HYDRAULIKONEIKKO	2	2	2	3	2	840		80	40	600	120

3 (14)



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : SEULOMO

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 20.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

KRIITTISYYSLUOKAT



Kriittisyysindeksi

1000

500 - 1000

0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetyks (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1EBA20AF001	KOLAKULJETIN SEULOMOON	8	2	0	3	2	3200		320	0	2400	480
	PINTARAJAT	6	0	0	1	1	780		0	0	600	180
1EBD21AT001	KIEKKOSEULA 1	4	2	0	3	2	1600		160	0	1200	240
1EBD22AT001	KIEKKOSEULA 2	8	2	0	3	2	3200		320	0	2400	480
	HAARASUPPILO	6	0	0	1	1	780		0	0	600	180
1EBD23AT001	KIVITUNNISTIN	2	0	0	3	1	660		0	0	600	60
1EBD10AT001	RAUDANEROTIN	4	0	0	3	3	1560		0	0	1200	360
	RAUDANEROTTIMEN HIHNAKULJETIN	6	0	0	3	3	2340		0	0	1800	540
1EBC10AJ001	ALEMPI MURKAINTELA	6	0	0	3	3	2340		0	0	1800	540
1EBC10AJ002	YLEMPI MURKAINTELA	8	0	0	3	3	3120		0	0	2400	720
	VAIHTEISTO	2	0	2	3	3	820		0	40	600	180
	MURSKAIMEN TAAJUUSMUUTTAJAT	1	2	0	3	2	400		40	0	300	60

4 (14)



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : VARASTOSILO

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 20.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

KRIITTIISYYSLUOKAT



Kriittisyysindeksi

1000

500 - 1000

0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriitti- syys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osa indeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1EBA30AF001	KOLAKULJETIN VARASTOSILO	2	2	0	3	2	800		80	0	600	120
1EAB40AF002	RUUVIPURKAIMEN SIIRTOMOOTTORI	8	2	0	2	2	2400		320	0	1600	480
1EAB40AN002	SIIRTOMOOTTORIN APUTUULETIN	1	0	0	1	1	130		0	0	100	30
	RUUVIPURKAIMEN TAAJUUSMUUTTAJA	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
1EAB40AF001	RUUVIPURKAIN	8	2	0	2	2	2400		320	0	1600	480
	VAIHDELAATIKKO	4	2	0	2	2	1200		160	0	800	240
1EAB40CL303	PURKAUSSUPPILO	2	0	0	1	1	260		0	0	200	60
	TUKOSVAHTI	2	0	0	1	1	260		0	0	200	60
	PINNANMITTAUS	1	2	0	1	1	170		40	0	100	30
	AUTOMAATTI RASVAUSKESKUS	6	2	0	1	2	1200		240	0	600	360

Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : PÄIVÄSILOT

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 20.3.2014

5 (14)

KRIITTISSYYSLUOKAT



Kriittisyysindeksi

1000

500 - 1000

0 - 500

Kriittisyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriitti- syys	Kriittisyys luokka	Kriittisyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1EBA50AF001	KOLAKULJETIN PÄIVÄSILOILLE	8	2	2	3	3	3600		320	160	2400	720
1HFA10CL001	PINNANMITTAUS 1	4	2	0	2	1	1080		160	0	800	120
1HFA20CL002	PINNANMITTAUS 2	4	2	0	2	1	1080		160	0	800	120
1HFB10AF001	RUUVIPURKAIN 1	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
	RUUVIPURKAIMEN TAAJUUSMUUTTAJA	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
1HFA10CL302	TUKOSVAHTI	2	2	0	1	1	340		80	0	200	60
1HFA10AE001	POLTTOAINELVITIN 1	4	0	0	1	2	640		0	0	400	240
1HFB12AF001	SULKUSYÖTIN	2	2	0	2	1	540		80	0	400	60
1HFB20AF001	RUUVIPURKAIN 2	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
	RUUVIPURKAIMEN TAAJUUSMUUTTAJA	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1HFA20AE001	POLTTOAINELVITIN 2	2	0	0	1	2	320		0	0	200	120
1HFA20CL302	TUKOSVAHTI	2	2	0	1	1	340		80	0	200	60
	SULKUSYÖTTIMET	4	2	0	2	1	1080		160	0	800	120
	AUTOMAATTIRASVAUS	2	2	0	1	1	340		80	0	200	60



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : MAAKAASU

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 20.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

6 (14)

KRIITTISSYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000

500 - 1000

0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetyks (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1HHA10AV001	KÄYNNISTYSPOLTIN	1	4	2	4	2	560		80	20	400	60
1LBH10AA151	KÄYNNISTYSVENTTIILI	1	4	2	3	2	460		80	20	300	60
	PUTKISTO	1	4	0	3	2	440		80	0	300	60



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : KATTILA

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 25.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

7 (14)

KRIITTISSYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000



500 - 1000



0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriitti- syys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1HH20AF001	HIEKAN KULJETINRUUVI	1	2	2	2	2	320		40	20	200	60
	HIEKKASILO	2	2	2	2	2	640		80	40	400	120
	KALKIN SULKUSYÖTIN	2	2	4	4	2	1080		80	80	800	120
	KALKKISILO	2	2	2	1	1	380		80	40	200	60
1HLB10AN001	PRIMÄÄRIILMA PUHALLIN	2	0	2	4	3	1020		0	40	800	180
	PRIMÄÄRIILMAN SÄÄTÖVENTTILI	1	0	2	2	1	250		0	20	200	30
1HLB20AN001	SEKUNDÄÄRIILMA PUHALLIN	2	0	2	4	3	1020		0	40	800	180
1LBG84AA151	SEKUNDÄÄRIILMAN SÄÄTÖVENTTILI	1	0	2	2	1	250		0	20	200	30
	PEDIN LÄMPÖTILAMITTAUS	1	0	2	2	3	310		0	20	200	90
	PEDIN PINNANMITTAUS	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120

8 (14)

1LAA10BB001	SYÖTTÖVESISÄILIÖ	2	2	0	4	2	1000		80	0	800	120
1LAC10AP001	SYÖTTÖVESIPUMPPU 1	2	0	0	3	2	720		0	0	600	120
1LAC20AP001	SYÖTTÖVESIPUMPPU 2	2	0	0	3	2	720		0	0	600	120
	SYÖTTÖVESISÄILIÖN SÄÄTÖVENTTIILI	1	0	0	2	1	230		0	0	200	30
	SYÖTTÖVESISÄILIÖN PAINEMITTAUS	1	2	0	2	1	270		40	0	200	30
1HAE10BB001	LIERIÖ	2	6	0	4	2	1160		240	0	800	120
	LIERIÖN PINNANMITTAUKSET	2	4	0	3	1	820		160	0	600	60
1HAE10CL301	LIERIÖN KUIVAKEITTOSUOJA	2	0	0	4	1	860		0	0	800	60
	NOUHOIMET	2	2	2	2	1	580		80	40	400	60
1HNF10AN001	KIERTOKAASUPUHALLIN	2	2	0	2	3	660		80	0	400	180
	KIERTOKAASUPELTI	2	0	0	1	2	320		0	0	200	120
	PRIMÄÄRITULISTIN	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
	SEKUNDÄÄRITULISTIN	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
	TERTIÄÄRITULISTIN	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
	KATTILAN PAINEMITTAUS	2	4	0	2	1	620		160	0	400	60
	KATTILAN VAROVENTTIILI	1	2	0	2	1	270		40	0	200	30
1QHA60AH001	APUHÖYRYSÄHKÖKATTILA	1	2	0	3	3	430		40	0	300	90
1GHC36BB001	APUHÖYRYSÄHKÖKATTILAN SYÖTTÖVESISÄILIÖ	1	0	0	3	3	390		0	0	300	90
1LAD30AC001	EKONOMAISER/SYÖTTÖVEDEN ESILÄMMITIN	1	2	0	4	3	530		40	0	400	90

9 (14)



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : PALAMISTUOTTEET

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 25.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

KRIITTISYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000

500 - 1000

0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantum isväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetyks (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1HDA20AF001	POHJATUHKAKOLAKULJETIN	1	2	0	2	2	300		40	0	200	60
1HDA30AF001	POHJATUHKAN RUUVIKULJETIN	6	0	0	2	2	1560		0	0	1200	360
	POHJATUHKAKONTTI 1	2	2	2	3	2	840		80	40	600	120
	LASTAUSSUKKA 1	2	2	0	0	1	140		80	0	0	60
	POHJATUHKAKONTTI 2	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
	LASTAUSSUKKA 2	2	2	0	0	1	140		80	0	0	60
	KONTIN PINTAKYTKIMET	2	2	0	2	1	540		80	0	400	60
	RUUVILEVITIN	2	0	0	2	1	460		0	0	400	60
	3- VETO	6	0	0	2	1	1380		0	0	1200	180
	2- VETO	4	0	0	2	1	920		0	0	800	120
	POHJATUHKAPELLIT	1	2	0	1	1	170		40	0	100	30
1HNC20AN001	SAVUKAASUPUHALLIN	2	0	4	3	3	860		0	80	600	180
	SAVUKAASUPUHALTIMEN TAAJUUSMUUTTAJA	2	0	3	2	3	640		0	60	400	180
	SÄHKÖSUODATIN	4	4	2	3	3	1960		320	80	1200	360
1HQA10AN001	SÄHKÖSUODATTIMEN ILMANVAIHTOPUHALLIN	2	0	0	1	1	260		0	0	200	60
1ETH10AT001	LENTOTUHKALÄHETIN 1	8	0	0	3	2	2880		0	0	2400	480
	LENTOTUHKALÄHETIN 2	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
	LENTOTUHKALÄHETIN 3	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
	PINTAKYTKIMET	8	0	0	1	2	1280		0	0	800	480
1ETA10AF001	LENTOTUHKAN SULKUSYÖTIN	1	0	0	1	2	160		0	0	100	60
1ETA20AF001	LENTOTUHKARUUVI	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1ETH10CL001	LENTOTUHKASILON PINNANMITTAUS	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
	LENTOTUHKAN PURKUTORVI	1	0	0	1	0	100		0	0	100	0

Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : TUOTANTO

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 25.3.2014

10 (14)

Kriittisyysindeksi

KRIITTISSYYSLUOKAT



1000

500 - 1000





















0 - 500

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetys (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
1NDB13AP001	KL-PUMPPU 1	2	2	0	3	3	860		80	0	600	180
1NDB14AP001	KL-PUMPPU 2	2	2	0	3	3	860		80	0	600	180
	TAAJUUSMUUNTAJAT	2	2	0	3	3	860		80	0	600	180
1NDB12AT001	KL-SUODATTIMET	4	0	0	2	2	1040		0	0	0	80
1MAE20AC001	KL-VAIHDIN 1	2	2	0	2	2	600		80	0	0	80
1MAE20AC002	KL-VAIHDIN 2	1	2	0	2	2	300		40	0	0	80
1MAE20AC003	KL-VAIHDIN 3	2	2	0	4	3	1060		80	0	0	240
	VAIHTIMIEN PINNANMITTAUKSET	2	0	0	2	1	460		0	0	0	40
	LAUHDESUODATTIMET	2	0	0	2	2	520		0	0	0	80
1NDD60AC001	PROSESSILÄMMÖNSIIRIN	4	2	0	2	2	1200		160	0	0	80
1LCB41AP001	PROSESSILA UHDEPUMPPU 1	2	0	0	2	2	520		0	0	0	80
1LCB43AP001	PROSESSILA UHDEPUMPPU 2	1	0	0	2	2	260		0	0	0	80
1HAN10BB001	JUP-SÄILIÖ	4	2	0	1	1	680		160	0	0	20
	JUP-SÄILIÖN PINNANMITTAUS	1	0	0	1	1	130		0	0	0	20
1HAN14AA151	JUP-SÄILIÖN PINNANSÄÄTÖVENTTIILIT	4	2	0	1	1	680		160	0	0	20
1HAN10DF001	JUP-SÄILIÖN KÄSIVENTTIILI	2	2	0	1	1	340		80	0	0	20
	REDUKTIOVENTTIILI	2	2	0	2	2	600		80	0	0	80

11 (14)

1NDK11AP002	PAINEENPTOPUMPPU 1	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
1NDK11AP003	PAINEENPTOPUMPPU 2	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
1LCB02AP001	LAUHDEPUMPPU 1	2	0	0	3	2	720		0	0	600	120
1LCB04AP001	LAUHDEPUMPPU 2	2	0	0	3	2	720		0	0	600	120
1LCB60AP001	LAUHDEPUMPPU 3	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
1LBA10CP501	PÄÄHÖYRYN PAINEMITTAUS	4	4	0	4	2	2160		320	0	1600	240
1GCL10BB001	LISÄVESISÄILIÖ	1	0	0	4	2	460		0	0	400	60
1GHC21AP001	LISÄVESIPUMPPU 1	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
1GHC23AP001	LISÄVESIPUMPPU 2	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
1MAA10HA001	TURBIINI	6	0	0	2	3	1740		0	0	1200	540
	TURBIININ 1. VÄLIOTTO	2	2	0	2	3	660		80	0	400	180
	TURBIININ 2. VÄLIOTTO	2	2	0	2	3	660		80	0	400	180
1MAA40CT002	KP HÖYRYN LÄMPÖTILA-ANTURI	4	2	0	2	2	1200		160	0	800	240
	TURBIININ KIERTOÖLJYSUODATIN	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
	VAIHDELAATIKKO	4	0	0	3	3	1560		0	0	1200	360
	VÄRÄHTELYMITTAUS	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
	GENERAATTORI	1	0	0	3	3	390		0	0	300	90
1MAJ60AN001	TYHJÖPUMPPU 1	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
1MAJ60AN002	TYHJÖPUMPPU 2	4	0	0	2	2	1040		0	0	800	240
	TYHJÖVESISÄILIÖ	2	0	0	0	1	60		0	0	0	60



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : YLBESET

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 25.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

12 (14)

KRIITTIISYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000
















500 - 1000



0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetyks (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriitti- syyss	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W-->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
	PALOHÄLYTYSJÄRJESTELMÄ	6	8	0	2	2	2520		960	0	1200	360
	SPRIKLERIJÄRJESTELMÄ	2	8	0	2	2	840		320	0	400	120
	PALOPOSTIT	2	4	0	1	1	420		160	0	200	60
1SCA10AN001	PAINEILMAKOMPRESSORI 1	4	2	0	2	2	1200		160	0	800	240
1SCA20AN001	PAINEILMAKOMPRESSORI 2	2	2	0	2	2	600		80	0	400	120
1SGE70AA851	PAINEILMAKOMPRESSORIN LÄMPÖSUOJA	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1SCB31AT003	ABSORBTIOKUIVAIN	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1SAC40AN001	JÄÄHDYTYSKONE 1	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1SAC32AN002	JÄÄHDYTYSKONE 2	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
	JÄÄHDYTYSVESIPIIRI	4	4	0	2	2	1360		320	0	800	240

13 (14)

1PGC10AP001	JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU 1	1	2	0	2	1	270		40	0	200	30
1PGC12AP001	JÄÄHDYTYSVESIPUMPPU 2	1	2	0	2	1	270		40	0	200	30
	JÄÄHDYTYSVESIPUMPPUINE	4	0	0	2	1	920		0	0	800	120
1PGB05AC001	SULJETUN JV-PIIRIN JÄÄHDYTIN 1	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
1PGB04AC001	SULJETUN JV-PIIRIN JÄÄHDYTIN 2	1	0	0	3	2	360		0	0	300	60
	VEDEN PEHMENNIN	1	0	0	2	2	260		0	0	200	60
1PCC01AP001	VESUOHTOPUMPPU	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
	SUOLASÄILIÖ	2	0	0	2	3	580		0	0	400	180
	RO-KONEIKKO	2	0	0	2	2	520		0	0	400	120
1SAC10AN001	TULOILMAPUHALLIN 1	2	2	0	3	2	800		80	0	600	120
1SAC12AN001	TULOILMAPUHALLIN 2	2	2	0	2	2	600		80	0	400	120
	UPS	4	2	0	2	2	1200		160	0	800	240
1SAM74AN001	POISTOILMAPUHALLIN	1	2	0	2	1	270		40	0	200	30

14 (14)



Laitos : Keravan biovoimalaitos

Kriittisyysluokittelun kohde : MUUT

Tekijät : Eetu Villikka

Versio

Päiväys : 25.3.2014

Kriittisyyden raja-arvo 1000

Tuotannon menetyksen painoarvokerroin Wp 100

KRIITTISYYSLUOKAT

Kriittisyysindeksi



1000



500 - 1000



0 - 500

Toimintopaikan tunniste	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetyks (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyys	Kriittisyys luokka	Kriittisyyden osaindeksit			
		Painoarvot W -->	20	10	100	30	K		Ks	Ke	Kp	Kr
	HIEKANEROTUSKAIVO	4	0	2	0	1	200		0	80	0	120
1GUZ35CL301	PINNANMITTAUSANTURI	4	0	0	0	1	120		0	0	0	120
1GQZ30CL301	ÖLJYNEROTUSKAIVO	2	0	2	0	1	100		0	40	0	60
	PINNANMITTAUSANTURI	2	0	0	0	1	60		0	0	0	60
	KESKUSSIIVOUSJÄRJESTELMÄ	1	4	0	0	1	110		80	0	0	30
	VAAKA	4	0	0	0	2	240		0	0	0	240
	TURBIINISALIN NOSTURI	1	8	0	0	2	220		160	0	0	60
	KATTILAHUONEEN NOSTIN	2	8	0	0	2	440		320	0	0	120
	VALAISTUS	1	4	0	0	1	110		80	0	0	30

VVA-analyysi



VVA-ANALYYSI

Laitos: Keravan biovoimalaitos

Järjestelmä: Polttoaine

Tekijä: Eetu Villikka

Päiväys 04.04.2014

KOHDE	POSITIO	LAITE/KOMPONENTTI	VIKAANTUMINEN MITEN VIKA ILMENEÄ	VIAN SYY	VIAN SEURAUUS	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	KRIITTISYYS LUOKKA	
Vastaanotto		Turvapiirit	Järjestelmä ei toimi	Häiriö, Inhimillinen virhe, käyttövirhe, säätövirhe	Vastaanotto pysähtyy	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
	1UED10CH301	Vastaanotto 1						
	1UED20CH301	Vastaanotto 2						
	1UED30CH301	Vastaanotto 3						
	1UED40CH301	Vastaanotto 4						
			Kolapurkain	Kolapurkain ei jaksa purkaa	Liikaa polttoainetta, polttoaine painavaa, työsylinterin säädöt väärin	Kolapurkain pysähtyy	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
	1EAA10AF001	Vastaanotto 1						
	1EAA20AF001	Vastaanotto 2						
	1EAA30AF001	Vastaanotto 3						
	1EAA40AF001	Vastaanotto 4						
			Hajoitustelat	Telat pysähtyy	Polttoaineessa kami, tela viottunut	Hajoitustela häiriölle, polttoaine kuljetin pysähtyy	Tarkastus, huolto	
	1EAC11AJ001	Vastaanotto 1, alempi						
	1EAC31AJ001	Vastaanotto 3, alempi						
		Hydraulikoneikko	Öljyn vähyys	Vuodot järjestelmässä	Vastaanotto ei toimi	Tarkastus, huolto		

2 (11)









Seulomo	1EBA20AF001	Kolakuljetin seulomoon	Kolakuljetin ei pyöri Kuljetin matto kuluu	Kuljetin löysällä, polttoaine painavaa, polttoaineessa kami	Polttoaineen syöttö katkeaa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
		Kiekkoseulat	Seula tukkeutuu	Kami polttoaineessa, tai häiriö	Kattilan tehot laskee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
	1EBD21AT001	Alempi						
	1EBD22AT001	Ylempi						
	1EBD23AT001	Kivitunnistin	Kiviä menee murskaimeen	Kalibrointi häiriintynyt	Murskain pysähtyy	Tarkastus, huolto		
	1EBD10AT001	Raudanerotin	Rautaa pääsee murskaimeen	Raudanerotin ei tunnista rautaa, häiriö	Murskain pysähtyy	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
		Hihnakuljetin murskain	Hihna pysähtyy Hihna kuluu	Tukos polttoaineessa, järjestelmä häiriö	Polttoaineen kulku pysähtyy	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
		Murskain	Murskain pysähtyy		Tuotanto heikkenee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		
	1EBC10AJ001	Alempi murskaintela						
	1EBC10AJ002	Ylempi murskaintela						
	Varastosilo	1EBA30AF001	Kolakuljetin varastosiihloön	Kolakuljetin ei pyöri Kuljetin matto kuluu	Kuljetin löysällä, polttoaine painavaa, polttoaineessa kami	Kattilan tehot heikkenee	Tarkastus, huolto	
		1EAB40AF001	Ruuvipurkain	Tukkeutuu	Polttoainetta ei saada ulos siilosta	Heikentää kattilan tehoja	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		1EAB40AF002	Ruuvipurkaimen siirtomoottori	Tukos	Polttoainetta ei saada ulos siilosta	Heikentää tuotantoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
			Vaihdelaatikko	Värinät, öljyn vähyys, öljyn laatu, laakerit	Ei voitele	Pysäyttää polttoaineen syötön varastosiihlosta	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		Voitelujärjestelmä	Tukos linjassa, järjestelmä häiriö	Ei voitele tarvittavia pintoja	Lisää kulumista	Tarkastus, huolto		

3 (11)

Päiväsiilot	1EBA50AF001	Kolakuljetin päiväsiiloille	Kolakuljetin ei pyöri	Painava polttoaine, kuljetin löysällä, väärät anot moottoreille	Heikentää kattilan tehoja	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
			Kuljetin matto kuluu				
		Ruuvipurkaimet	Polttoainetta ei saada ulos kattilasta	Moottori häiriölle, tukos, järjestelmähäiriö, tukosvahti	Kattilan tehot pienevät, kattila voi pysähtyä	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
	1HFB10AF001	Päiväsiilo 1					
	1HFB20AF001	Päiväsiilo 2					
		Taajuusmuuttaja	Ruuvipurkain ei pyöri	Taajuusmuuntajassa häiriö, vikaantuminen, rikkoontuminen	Polttoaineen syöttö kattilaan katkeaa	Tarkastus, huolto	
		Ruuvipurkain 2					
		Pinnanmittaukset	Pinnanmittaus virheellinen	Kalibrointi häiriöitynyt	Häiritsee voimalaitoksen toimintaa	Tarkastus, huolto	
	1HFA10CL001	Päiväsiilo 1					
	1HFA20CL001	Päiväsiilo 2					
		Sulkusyöttimet	Polttoaineen sulkusyöttimet eivät toimi	Järjestelmähäiriö tai tukos	Polttoainetta ei saada kattilaan	Tarkastus, huolto	
		Kääntölaiteet	Kääntölaite ei pyöri	Moottorin toiminta häiriintynyt, tukos	Polttoainetta ei saada ulos siilosta	Tarkastus, huolto	
1HFA10AE001	Polttoainelevitin 1						
Kaasu							
		Kaasupoltin	Kattilaa ei saada tulille		Tuotanto heikkenee	Tarkastus, huolto	
			Kattilassa ei saada pidettyä lämpöä				


**KERAVAN
ENERGIA OY**
VVA-ANALYYSI

Laitos: Keravan biovoimalaitos
 Järjestelmä: Kattila
 Tekijä: Eetu Villikka
 Päiväys: 04.04.2014

KOHDE	POSITIO	LAITE/KOMPONENTTI	VIKAANTUMINEN MITEN VIKA ILMENEÄ	VIAN SYY	VIAN SEURAUUS	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	KRIITTISYYS LUOKKA
Hiekka							
		Silo	Siilo vuotaa	Korroosii tai eroosio kuluttaa	Pölyäminen ja palohälytys	Tarkastus, huolto	
Kalkki							
		Sulkusyöttimet	Kalkin syöttö ei onnistu	Tukkeuma	Kattilaan ei saada kalkkia	Tarkastus, huolto	
Syöttövesi							
		Syöttövesisäiliö	Pinnan- tai paineen mittaus häiriintyy	Häiriö mittauksen toiminnassa	Vaikuttaa virtauksien säätöön	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
			Säilön pinnansäätö ei toimi	Pinnansäätöventtiili ei toimi tai vuotaa			
		Syöttövesipumput	Syöttövesisäiliöön ei saada vettä	Pumput rikkoutuneet tai häiriöllä	Kattilan veden saanti varantuu	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	 
		1LAC10AP001 Pumppu 1					
		1LAC20AP001 Pumppu 2					
	1LAD30AC001	Syöttöveden esilämmitin	Vuodot, anturi viat	Kuluminen, häiriö	Kattilan syöttöveden lämpötila laskee ja heikentää tehoja	Tarkastus, huolto	
Primääri-ilma							
		1HLB10AN001 Puhallin	Palamisilman syöttö ei ole riittävä Palamisilman syöttö katkeaa	Häiriö puhaltimessa, vaurio laakereissa	Kattilan tehot heikkenee ja tulee alas mahdollisesti	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
Sekundääri-ilma							
		1HLB20AN001 Puhallin	Puhallin ei toimi tai pitää ääntä	Kuluminen tai häiriö	Heikentää palamista, vaikuttaa nuohointen toimintaan	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	



VVA-ANALYYSI

Laitos: Keravan biovoimalaitos







Järjestelmä: Palamistuotteet

Tekijä: Eetu Villikka

Päiväys: 04.04.2014

KOHDE	POSITIO	LAITE/KOMPONENTTI	VIKAANTUMINEN MITEN VIKA ILMENEE	VIAN SYY	VIAN SEURAUUS	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	KRIITTISYYS LUOKKA
Pohjatuhka	1HDA30AF001	Ruuvikuljetin	Pohjatuhkaa ei saada poistettua kattilasta	Tukkeuma, jäädytyksen väähyys	Pohjatuhkan poisto kattilasta viivästyy	Tarkastus, huolto	
		Tuhkakonttien automaatio	Pohjatuhkan poisto ei onnistu	Anturi vika, järjestelmä häiriö, automaatio puutos, laitteisto puute	Pohjatuhkan poisto viivästyy	Tarkastus, huolto	
		Kontti 1					
		Kontti 2					
		Pintakytkimet	Konttien pinnanmittaus	Laitteisto häiriö tai puute	Häiritsee pohjatuhkan poistoa	Tarkastus, huolto	
		3 -veto	Tukkeuma	Suuret palamistuotteet,	Heikentää pohjatuhka poistoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		2- veto	Tukkeuma	palamistuotteen laatu			
Savukaasut	1HNC20AN001	Savukaasupuhallin	Häiriö, tehojen heikkeneminen	Häiriö tai kuluminen	Häiritsee tuotantoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		Savukaasupuhaltimen taajuusmuuttaja	Savukaasupuhallin ei toimi	Häiriö tai rikkoontuminen		Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		Sähkösuodatin	Kenttävika	Järjestelmähäiriö	Hiukkastenpoisto savukaasuista heikkenee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	

7 (11)

Lentotuhka							
		Tuhkalähetimet	Tuhkan lähetys ei onnistu	Tukos, järjestelmähäiriö	Heikentää tuhkan poistoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	  
	1ETH10AT001	Tuhkalähetin 1					
		Tuhkalähetin 2					
		Tuhkalähetin 3					
		Tuhkalähettimien pintakytkimet	Tuhkan lähetys ei onnistu	Häiriö kytkimessä		Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
	1ETA20AF001	Lentotuhkaruuvi	Lentotuhkan purku siilosta ei onnistu	Tukos, toiminta häiriö	Lentotuhkan purku siilosta viivästyy	Tarkastus, huolto	
	Lentotuhkasiilon pinnanmittaus	Pinnanmittaukset näyttävät virheellistä	Kalibrointi väärin väärän tyyppinen järjestelmä	Häiritsee tuotantoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto		



VVA-ANALYYSI

Laitos: Keravan biovoimalaitos






Järjestelmä: Tuotanto

Tekijä: Eetu Villikka

Päiväys: 04.04.2014

KOHDE	POSITIO	LAITE/KOMPONENTTI	VIKAANTUMINEN MITEN VIKA ILMENEE	VIAN SYY	VIAN SEURAUUS	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	KRIITTISYYS LUOKKA
Höyry		Mittarit	Mittaukset antavat väärä arvoa	Vikaantuminen tai häiriö	Vaikuttaa kattilan ja turbiinin toimintaan	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen,	
		Säätimet	Paineen ja lämpötilan mittaus virheellinen	Säätimen vikaantuminen tai häiriö	Häiritsee tuotantoa	huolto, kunnonvalvonta	
	1HAE10BB001	Lieriö	Vuodot	Asennusvirhe, vaurio, rikkoontuminen	Heikentää ja pysäyttää tuotannon, palohälytys	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen,	
		Kuivakeittosuoja	Pinnanmittaus varoittaa	Häiriö, veden laatu, veden kuohuaminen tai vajoaminen	Heikentää tuotantoa	huolto, kunnonvalvonta	
		Pinnanmittaus					
	1HAN10BB001	JUP-säiliö	Vuodot	Vaurio		Tarkastus, huolto	
	1HAN14AA151	Pinnansäätöventtiilit	Venttiili häiriölle	Järjestelmähäiriö		Tarkastus, huolto	

9 (11)

Kaukolämpö								
		KL-vaihtimet					Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
	1MAE20AC001	KL-vaihdin 1						
	1MAE20AC003	KL-vaihdin 3						
		KL-pumput	Häiriö	Järjestelmähäiriö,		Kaukolämmön tuotanto heikkenee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
	1NDB13AP001	Pumppu 1		taajuusmuuttaja häiriöllä tai vikaantunut				
	1NDB14AP001	Pumppu 2						
		KL-pumppujen taajuusmuuttaja	Häiriö	Rikkoontuminen, kuluminen, järjestelmähäiriö		Kaukolämmön tuotanto heikkenee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		KL-suodattimet	Paine-ero	Tukkeuma		Kaukolämmön virtaus hidastuu	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
		Reduktioventtiili	Vuoto	Paineen aiheuttama		Vaikuttaa prossesilämmön tuotantoon	Tarkastus, huolto	
		Lauhepumput	Ei nosta painetta, öljyt vähissä	Takaisku jumissa, öljy vuoto		Heikentää tuotantoa	Tarkastus, huolto	
	1LCB02AP001	Lauhepumppu 1						
	1LCB04AP001	Lauhepumppu 2						
		Lauhesuodattimet	Vuoto, tukkeuma	Kuluminen		Heikeintää tuotantoa	Tarkastus, huolto	
	Tyhjönteko	Pumput rikkoutuneet,	Kuluminen		Heikentää tuotantoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen,		
1MAJ60AN001	Tyhjöpumppu 1	automaatio ei toimi				huolto, kunnonvalvonta		
1MAJ60AN002	Tyhjöpumppu 2							

10 (11)

Prosessilämpö			Pinnanmittaus häiriöllä, vuodot	Järjestelmä häiriö, vaurio	Heikentää prosessilämmön tuotantoa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
	1NDD60AC001	Prosessilämmönsiirrin					
			Häiriö	Järjestelmähäiriö, taajuusmuuttaja häiriöllä tai vikaantunut	Kaukolämmön tuotanto heikkenee	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen,	
	1LCB41AP001	Prosessilauhepumppu 1					
Turbiini			Järjestelmähäiriö, rikkoontuminen	Häiriö, kuluminen	Sähkön tuotanto katkeaa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
	1MAA10HA001	Turbiini					
			Venttiilit kiinni	Väärät höyryarvot tai häiriö säädöissä	Vaikuttaa heikentävästi kattilan toimintaa ja prosessilämmön tuotantoon	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	 
		Väliotto 1					
		Väliotto 2					
			Lämpötilamittaus antaa väärää arvoa			Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
	1MAA40CT002	KP-höyryn anturi					
			Tärinä, vaurioituminen		Pysäyttää turbiinin	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
		Vaihdelaatikko					
		Mittausvika	Järjestelmähäiriö	Pysäyttää turbiinin	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta		
	Värähtelymittaus						



VVA-ANALYYSI

Laitos: Keravan biovoimalaitos

Järjestelmä: YLEISET

Tekijä: Eetu Villikka

Päiväys: 04.04.2014

KOHDE	POSITIO	LAITE/KOMPONENTTI	VIKAANTUMINEN MITEN VIKA ILMENEE	VIAN SYY	VIAN SEURAUS	EHKÄISEVÄ KUNNOSSAPITO	KRIITTISYYS LUOKKA
Turvallisuus		Palohälytinjärjestelmä	Palohälytys, ennakkovaroitus	Viallinen paloilmoin, sopimaton paloilmoin, väärät käyttöolosuhteet, häiriö	Palohälytys	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
		Sprinkerijärjestelmä	Vuodot, sprinkeri verkoston kunto, palovesialtaan pinta	Kuluminen, anturien vikaantuminen		Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	
Paineilma	1SCA10AN001	Paineilmakompressori 1	Kompressori ei käy	Ylikuumentuminen, häiriö	Paineilman syöttö katkeaa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
	1SCA20AN001	Paineilmakompressori 2					
		Kompressorien lämpösuojat					
		Absordtiokuivaimet					
Jäähdytys		Jäähdytyspiiri	Paine tippuu, vuoto	Vuodot	Tuotantolaitteiden jäähdytys heikkenee, vaikuttaa tehoon	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto, kunnonvalvonta	
		Jäähdytysverkonpaine					
		Jäähdytyskoneet	Vika, rikkoontuminen	Kuluminen, järjestelmähäiriö	Lämpötilan nousu, voi vaikuttaa tuotannon laitteisiin	Tarkastus, huolto	
	1SAC40AN001	Jäähdytyskone 1					
	1SAC32AN002	Jäähdytyskone 2					
	1SAC10AN001	Tuloilmapuhallin 1					
	1SAC12AN001	Tuloilmapuhallin 2					
Varavirta		UPS	Häiriö, vikaantuminen	Järjestelmähäiriö	Häiritsee laitteiston toimintaa	Tarkastus, suunniteltu korjaaminen, huolto	

Polttoaineprosessien vaikutus

