



Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Satakunta University of Applied Sciences

JESSE PELTONEN

# **Valimon tuotantolinjan kunnonvalvonta ja kunnossapito**

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2024

Tekijä Peltonen Jesse	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2024
	Sivumäärä 55	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi <b>Valimon tuotantolinjan kunnonvalvonta ja kunnossapito</b>		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikka		
<p>Opinnäytetyö toteutettiin kunnossapidon ja kunnonvalvonnan tutkimuksena Aurubis Finlandille. Opinnäytetyössä kartoitettiin suurimmat kunnonvalvonnalle suunnatut kohteet Aurubiksen valimossa ja niiden kunnossapito. Tehtiin lisäksi Aurubiksen valimolle kunnossapito ohjeet kuilu-uunin korjausta varten.</p> <p>Opinnäytetyön keskeisin asia on kunnonvalvonnan ja kunnossapidon tapahtumat Aurubiksen valimossa. Työssä etsittiin tietoa kunnonvalvonnan ja kunnossapidon menetelmistä ja niiden eri työvaiheista.</p> <p>Tavoitteena oli myös kunnonvalvonnan ja kunnossapidon tarkastelujen lisäksi tehdä valimolle ohjeet kuilu-uuni seisakkeja varten. Jonka Aurubis ottaa käyttöön tulevaisuudessa.</p>		

Author(s) Peltonen Jesse	Type of Publication Bachelor's thesis	Date April 2024
	Number of pages 55	Language of publication: Finnish
Title of publication <b>Condition monitoring and maintenance of the foundry's production line</b>		
Degree programme Mechanical engineering		
Abstract  <p>The thesis was conducted as a study of maintenance and condition monitoring for Aurubis Finland. The thesis mapped out the major areas targeted for condition monitoring in Aurubis foundry and their maintenance. Additionally, maintenance instructions for repairing the shaft furnace were prepared for Aurubis' foundry.</p> <p>The central focus of the thesis is on the events of condition monitoring and maintenance in Aurubis' foundry. The work involved gathering information on the methods of condition monitoring and maintenance and their various stages.</p> <p>The objective was not only to examine condition monitoring and maintenance but also to create instructions for the foundry regarding shaft furnace shutdowns, which Aurubis will implement in the future.</p>		

## Alkusanat

Haluan kiittää opinnäytetyöni tilaajaa sekä rahoittajaa Aurubis Finland Oy yhteistyöstä. Haluan myös kiittää oppilaitokseni edustajaa ja opinnäytetyöni ohjaajana toimintaa Jarmo Juusoa.

# SISÄLLYS

1 SANASTO .....	7
2 JOHDANTO.....	8
3 AURUBIS .....	9
3.1 Valimo .....	10
4 KRIITTISYYSANALYYSI.....	11
4.1 Turvallisuus- ja Ympäristöstandardit .....	12
4.1.1 Turvallisuusstandardiriskit .....	12
4.1.2 Ympäristöstandardiriskit .....	12
4.2 Tuotantovaikutukset .....	13
5 KUNNOSSAPIDON HISTORIA .....	15
5.1 Ensimmäinen sukupolvi .....	15
5.2 Toinen sukupolvi .....	15
5.3 Kolmas sukupolvi .....	15
5.4 Neljäs sukupolvi .....	16
6 KUNNOSSAPITO .....	17
6.1 Huolto.....	17
6.1.1 Kunnossapito.....	17
7 KUNNOSSAPIDON LAJIT .....	18
7.1 Ennaltaehkäisevä .....	18
7.2 Korjaava kunnossapito .....	19
7.3 Parantava kunnossapito .....	19
7.4 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen .....	20
8 KUNNONVALVONTA .....	21
8.1 Menetelmät .....	22
8.1.1 Aistinvaraiset havainnot.....	22
8.1.2 Voiteluanalyysi .....	22
8.1.3 Lämpötilan mittaus .....	23
8.1.4 NDT menetelmät .....	23
8.1.5 Ääni ja ultraäänimittaukset .....	24
8.1.6 Muuntajan käytönaikainen kunnonvalvonta .....	24
8.1.7 Venymäliuskamittaukset .....	24
8.1.8 Suojajärjestelmät .....	24
8.2 Ongelmia .....	25
8.3 Kunnon valvonnan prosessi.....	25
8.4 Kunnonvalvonnan suunnittelu.....	26

9 STRATEGIAT (TPM) .....	28
9.1 TPM taustaa.....	28
9.2 TPM Päämäärät .....	29
9.3 Käytön suorittama kunnossapito .....	29
9.3.1 Koneiden ja laitteiden tarkka puhdistaminen .....	29
9.3.2 Koneen ja laitteen ympäristön siistiminen .....	29
9.3.3 Tehdä puhdistus ja huolto-ohjeet näille tehtäville .....	30
9.3.4 Yleistarkastukset .....	30
9.3.5 Tuotannon henkilöstön tekemät tarkastukset.....	30
9.3.6 Yleinen työpaikka järjestys .....	30
9.3.7 Jatkuva kunnan seuranta .....	31
10 KRIITTISYYS ANALYYSI VALIMON TUOTANTO LINJASTA .....	32
11 KUNNONVALVONTA VALIMON TUOTANNON HUOLLOSSA .....	34
11.1 Valimon kunnonvalvonnan osaalueet.....	34
11.1.1 Kahmari.....	35
11.1.2 Panoskuoppa .....	36
11.1.3 Panosvaunu .....	37
11.1.4 Panosnostin .....	38
11.1.5 Eteinen .....	39
11.1.6 Kuilu.....	40
11.1.7 Rännit.....	41
11.1.8 Kuona-allas .....	41
11.1.9 Valu-uuni .....	42
11.1.10 Induktori.....	43
11.1.11 Kokilli .....	44
11.1.12 Valssit.....	45
11.1.13 Kääntökori.....	46
11.1.14 Rullarata .....	47
11.1.15 Laattanostin.....	48
12 KUILU UUNIN ENNAKKO HUOLTO .....	49
12.1 Kuilu-uunin kriittisyysanalyysi .....	49
12.2 Kuilu-uunin rakenne ja toiminto .....	50
12.3 Miten kuilu-uunin huoltoja voitaisiin ennaltaehkäistä .....	51
12.3.1 Panostus .....	52
12.3.2 Kuilu.....	53
12.3.3 Tuotanto määrä .....	54

## LÄHTEET

# 1 SANASTO

- Kokilli  
Tietyn muotoinen muotti, joka jäädyttää kuparin kiinteään muotoon.
- Katodi  
Kupari levy mikä on tehty puhtaasta kuparista elektrolyyttisesti
- Pölli  
Sylinterin muotoinen kuparinen pätkä, koko mitä valetaan
- Laatta  
Suorakulmainen kuparinen pätkä, koko mitä valetaan

## 2 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on valmistaa Aurubis Finland

Oy:n kuparivalimon tuotantolinjalle kunnonvalvonta ja kunnossapidon suunnitelma.

Suunnitelman lisäksi työhön kuuluu kuilu-uunin korjaus ohje. Ohje sisältää materi-

aalien listaamisen, kuilu-uunin korjaus aikataulutuksen ja työvaiheiden teon

muuntamisen työohjeeksi. Työ-ohjetta ei saa näyttää opinnäytetyössä, yrityksen

omien syiden takia ja yrityssalaisuuksien takia.



### 3 AURUBIS

Aurubis Finland Oy kuuluu maailman suurimpaan kuparin kierrättäjä yritykseen, jolla on yli 150 vuoden kokemus kuparin tuottamisesta. Aurubis yrityksellä on tuotantotiloja Saksassa, Pohjois-Amerikassa ja ympäri Eurooppaa kuten Suomessakin. Porin Aurubiksella on työntekijöitä tuotannossa noin 200 ja toimihenkilöitä on noin 80. (Aurubis Finland Oy:n kotisivut 2023)

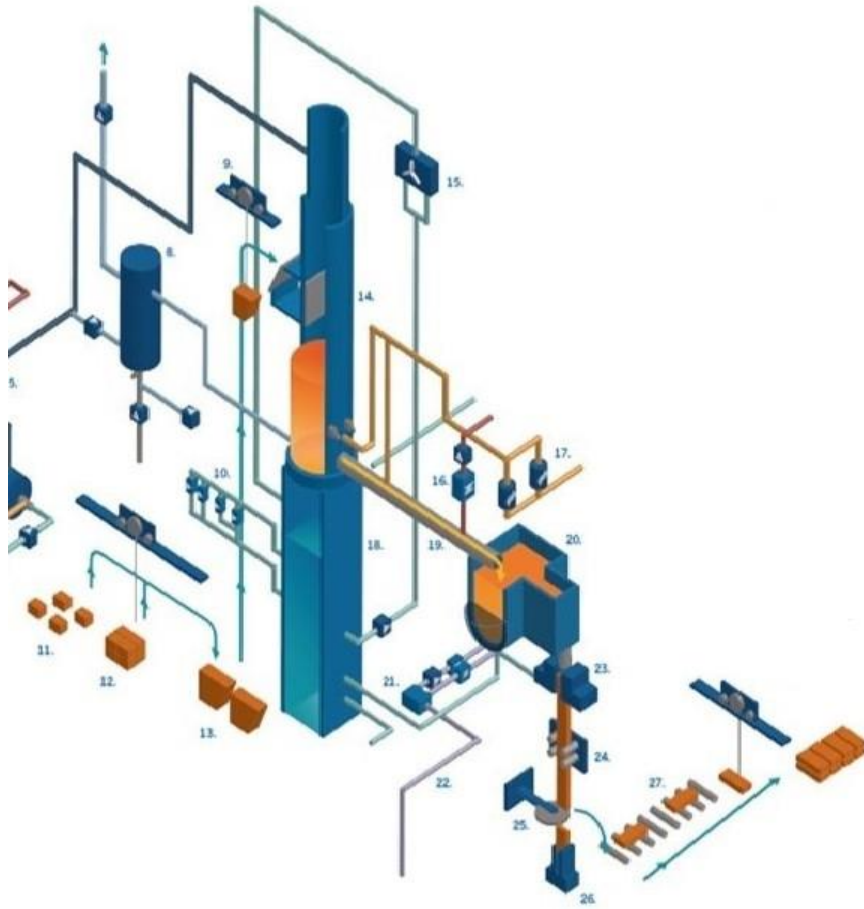


*Kuva 1(Aurubis Finland www-sivut.)*

Aurubiksen tuotteista 90 prosenttia menee vientiin sähkö-, elektroniikka- ja rakennusteollisuuteen. Tuotteisiin kuuluu valssatut kuparinauhat ja -levyt sekä pyörylät myös patinoituja kuparilevyjä sekä -nauhoja. (Aurubis Finland Oy:n kotisivut 2023)

Aurubiksella on tällä hetkellä menossa suuria investointeja ja opinnäytetyön ideana on auttaa valimon tuotantoa ja kunnossapidon henkilöstöä toimimaan oikeaoppisesti. Opinnäytetyön avulla yritetään myös selvittää, onko mahdollista vähentää eriseisakkeja, tai vähentää isompien huoltojen tapahtumista.

### 3.1 Valimo



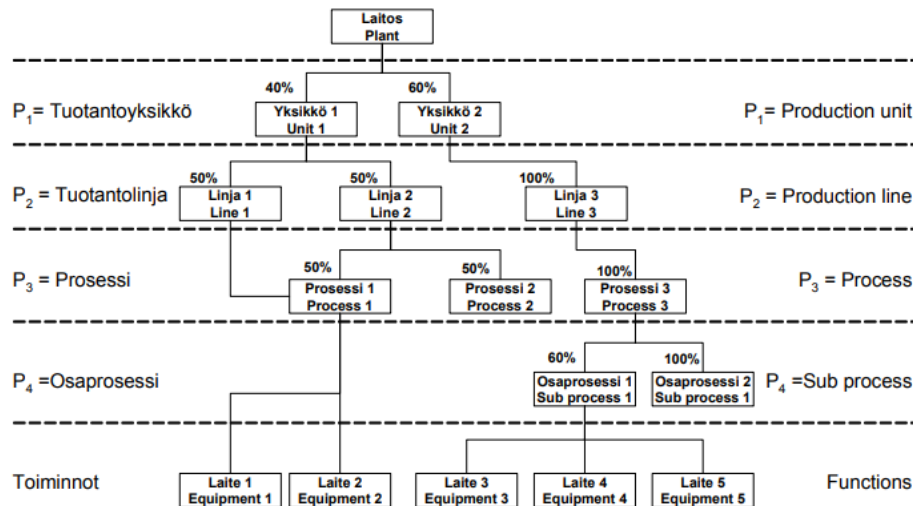
*Kuva 2(Aurubiksen valimon tuotanto linjasto)*

Opinnäytetyö keskittyy pääosin Aurubiksen valimon tuotantolinjaan panostuksesta kokilliin asti. Valimon tuotanto on pääosin jatkuvaa valua yleensä 5 päivää täydellä tuotannolla riippuen tilausten määrästä. Kuvan 2 vasemman puolen kohdalla näkyy panostus. Panostus tarkoittaa eri kupari laatujen nostamista kuilu-uuniin, jossa kuilu-uuni sulattaa kuparin. Kuilu-uunista sula kupari valuu valu-uunille ja valu-uunista se valetaan kokilliin. Kokillit ovat pääsääntöisesti laatan tai lieriön muotoisia. Kokillissa kupari jäähtyy kokillin muotoon ja siirtyy sahalle. Sahan leikkauksen jälkeen lieriöt siirtyvät eri yrityksille ja kuparilaatat jatkavat matkaansa valssaamoon, missä laatat valssataan levyiksi.

## 4 KRIITTISYYSANALYYSI

Kriittisyysanalyysi tarkoittaa tuotantokoneiden kriittisyyden määrittelyä, joka perustuu kriittisyysluokittelustandardiin PKS 6800. Kriittisyysanalyysin avulla määritellään pääsääntöisesti tuotannon kehitystoimia tarvitsevat avainkoneet. Analyysin avulla pystytään kehittämään tärkeimpiä ja tuotantoon eniten vaikuttavia koneita ja metodeja.

PSK 6800 on standardi kriittisyysluokittelussa, joka sisältää vaikutus-, vika- ja kriittisyysarvioinnin eri kohteissa teollisuudessa. Toimintatavassa arvioidaan kriittisyys henkilöturvallisuuden, ympäristövaikutusten ja taloudellisten vaikutusten näkökulmasta. PSK 6800 standardissa huomioidaan suurella katsauksella taloudellisia vaikutuksia, koska painoarvokertoimista isoimman määrän saa laitoksen tuotannon menestys. (Konecranes www-sivut)



Kuva 3(Tuotannon vaikutuskertoimet)

Kuva 3 käsittelee PSK 6800 standardin laitoksen painoarvokerrointa. Kuvassa esiintyvät laitoksen prosessin erikohdat, jotka vaikuttavat prosessiin tietyllä prosenttivarvolla. P1 kohta viittaa koko laitoksen kokonaiseen tuotantoon ja sen toimivuuteen. P2 kohta tarkoittaa kuinka paljon tuotanto tuottaa eri osa-alueilla. P3 liittyy sarjaan kytkeytyillä prosesseilla, jotka ovat osa suurempaa prosessia eli tässä kohtaa tuotantolinjaa. P4 on osaprosessi, mikä tarkoittaa samaa kuin prosessi mutta vain tietyn prosessin oma alaprosessi. Lopuksi löytyy toiminnot kohta, jotka ovat kiinni tietyn prosessin laitteissa. (PSK 6800 standardi. 2008)

## 4.1 Turvallisuus- ja Ympäristöstandardit

PSK 6800 luokan turvallisuus ja ympäristö kriittisyys luokissa täytyy käyttää laitosta-soista kerrointa, kun määritellään kriittisyysluokkia. Luokittelu tapahtuu numeroiden avulla, 0 ei riskiä, 2 vähäinen riski, 4 kohtalainen riski, 8 merkittävä riski, 16 vakava riski. (PSK 6800 standardi. 2008)

### 4.1.1 Turvallisuusstandardiriskit

0 kertoimella koneen vikaantuminen ei tuo terveys tai loukkaantumis- vaaraa. 2 kertoimella laite voi aiheuttaa lieviä loukkaantumisia tai sairastumisia laitteen vikaantumisessa. 4 kerroin voi aiheuttaa pysyvän vamman tai sairauden laitteen vikaantuessa. 8 kerroin voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolon uhrin. 16 kerroin voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolon uhrin ja vakavan vaaratilanteen tehtaan ympäristölle. (PSK 6800 standardi. 2008)

### 4.1.2 Ympäristöstandardiriskit

0 kertoimella vikaantuminen ei aiheuta ympäristölle haittaa. 2 kertoimella aiheuttaa likaantumista alueella. 4 kerroin voi aiheuttaa paikallista saastumista alueella. 8 kerroin voi aiheuttaa alueella ja alueen lähiympäristössä saastumista. 16 kerroin voi aiheuttaa alueella ja laajalti alueen ulkopuolelta saastumista, mikä vaatisi suuria taloudellisia panostuksia, jotta se saataisiin kuntoon. Tämä voi kestää monia vuosia. (PSK 6800 standardi. 2008)

## 4.2 Tuotantovaikutukset

Tähän osioon kuuluu tuotannon menetys ja laatukustannukset. Tuotannon menetyksellä tarkoitetaan tuotantoaika, mikä on menetetty tahattomasta seisakista. Esimerkiksi laitteen vikatila, mitä ei pystytä korjaamaan lyhyessä ajassa. Laatukustannuksilla tarkoitetaan tässä standardissa kustannuksia, joita ei ole suunniteltu etukäteen, mitkä vaikuttavat tuotteen laatuun ja loppu tuotteeseen. (PSK 6800 standardi. 2008)

Seuraavassa kuvassa (Kuva 4) esimerkki miten tehdään kriittisyysluokittelu teollisuudessa.

Taulukko 3 Kartonkikoneen kriittisyysluokittelu

Table 3 Criticality classification of a cardboard machine

Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	Vikaantumisväli (1...8)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannonmenetys (0...4)	Lopputuotteen laatukustannus (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Kriittisyyden osaindeksit				
		Painoarvot W →	30	20	100	30	20		K	Ks	Ke	Kp	Kq
											Kriittisyyden raja-arvo 700 Tuotannon menetyksen painoarvokertoimen Wp 100		
KO-348	3.PURISTIN YLÄTELA	3	8	0	3	2	3	1980	720	0	900	180	180
KO-347	3.PURISTIN ALATELA	3	8	0	3	2	3	1980	240	0	270	180	180
KO-350	2.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	3	4	4	3	2	2	1800	120	240	270	180	120
KO-344	1.PURISTIN YLÄTELA	3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180
KO-343	1.PURISTIN ALATELA	3	4	0	3	2	3	1620	360	0	900	180	180
KO-342	2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	240	120	120
KO-341	2.PURISTIN ALATELAN KÄYTTÖ	2	2	8	4	2	3	1480	120	320	800	120	120
KO-339	1.PURISTIN KK1 ALAHUOVANJOHTOTELAT 3 kpl	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	600	180	120
KO-233	3.PURISTIN KARTONGINJOHTOTELA	3	2	0	2	2	2	1080	180	0	600	180	120
KO-210	VIRAN IMUTELA	2	4	2	3	3	3	1220	240	80	180	180	120
KO-210	VIRAN IMUTELAN KÄYTTÖ	2	4	4	2	2	2	1030	240	160	120	120	80
KO-238	Puristin 1 alateelan käyttö	2	2	2	1	2	2	600	120	80	60	120	80
KO-209	VIRAN VETOTELA	2	4	2	2	2	2	920	240	80	400	120	80
KO-232	KK 1-N PAINESIHTI	2	2	2	1	2	1	560	120	80	60	120	40
KO-204	RINTATELA	2	2	2	1	2	1	560	60	80	60	120	40
KO-286	3.KUIVAUSRYHMÄN KÄYTTÖ	2	2	2	1	2	1	560	60	80	60	120	40
KO-200	KK 1 PERALÄÄTIKKO	2	0	0	2	2	0	520	0	0	120	120	0
KO-264	YLÄVIRAN KIRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	4	4	2	2	2	500	120	80	200	60	40
KO-257	KUIVAUSSYLINTERI N:O 1	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40
KO-258	KUIVAUSSYLINTERI N:O 2	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40
KO-251	KUIVAUSSYLINTERI N:O 3	1	2	4	2	3	2	470	60	80	200	90	40
KO-235	VIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	2	2	1	0	2	480	120	80	200	0	80
KO-232	VIRAN JOHTOTELAN KÄYTTÖ	2	4	2	2	0	2	800	240	80	120	0	80
KO-226	VIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	120	80	120	60	40
KO-222	VIRAN PALAUTUSTELA 2 kpl	2	2	2	2	1	1	700	60	80	120	60	40
KO-225	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	4	1	1	1	290	60	80	100	30	20
KO-219	YLÄVIRAN KIRISTIN, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	60	40	100	60	40
KO-214	YLÄVIRAN OHJAUSTELA, 3.KUIVAUSRYHMÄ	1	2	2	1	2	2	300	60	40	100	60	40
KO-206	HUOVANKIRISTIN, 2 PUR. YLÄHUOPA	1	2	2	1	1	1	250	60	40	100	30	20
JA-210	JÄLKILAUHIN 2	1	0	0	0	0	4	80	0	0	0	0	80
KO-208	Puristin 1 alahuovan suuhkupuukken oskiloit	1	0	0	0	2	0	60	0	0	0	60	0

Kuva 4(Kriittisyys analyysi)

Laskutavat mitä Excel tiedostossa näkyy, lasketaan käyttämällä tietynlaista kaavaa. (Kuva 5)

Taulukko 1 Laitetason kriittisyyden tekijät <sup>1)</sup>

Kohde	Painoarvo [W]	Vikaantumisväli [p]	Kerroin [M]	Valintakriteeri
Turvallisuus- ja ympäristövaikutukset	Turvallisuusriskit $W_s = 30$		$M_s = 0$	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 $W_p = 0 \dots 100$	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	$M_p = 0$	Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
			$M_p = 1$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3$ h)
			$M_p = 2$	Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10$ 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 $\leq 1$ h)
			$M_q = 2$	Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3$ 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 seurauksenkustannukset $W_r = 20$	$M_r = 0$	Korjauskustannuksilla tai seurauksenkustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.		
	$M_r = 1$	Vähäiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2$ h)		
	$M_r = 2$	Keskinkertaiset korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10$ h)		
	$M_r = 3$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi 10-24 h)		
	$M_r = 4$	Korkeat korjauskustannukset tai seurauksenkustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 24$ h)		

<sup>1)</sup> Lukuarvot ovat ohjeellisia

Kuva 5 (Laitetason kriittisyys tekijät)

Laskentakaavioita, miten lasketaan eri osa-alueet kriittisyysanalyysissä. Näitä kaavoja tullaan käyttämään myöhemmin opinnäytetyössä

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

$$K_s = p \times (W_s \times M_s) \quad K_e = p \times (W_e \times M_e) \quad K_p = p \times (W_p \times M_p)$$

$$K_q = p \times (W_q \times M_q) \quad K_r = p \times (W_r \times M_r)$$

## 5 KUNNOSSAPIDON HISTORIA

Kunnossapitoa on toiminnallisesti hyödynnetty siitä asti, kun ensimmäisiä koneita on valmistettu ja käytetty. Suomessa kunnossapitoyrittäjät ovat aloittaneet vasta 1980-luvun loppupuolella. Vuosien saatossa sukupolvia on vaihtunut monia. Tämä pätee myös työtavoissa ja kunnossapidon työvaiheissa. (Kunnossapito TOH. 2012)

### 5.1 Ensimmäinen sukupolvi

Ensimmäiselle sukupolvelle oli tyypillistä koneiden yksinkertaisuus ja helppo huoltoisuus. Tämä johtui koneiden ylimitoituksesta, joka vastasi koneiden osien pitkää elinikää. Ennakoiva kunnossapito oli pääsääntöisesti koneiden siivoamista, säätämistä ja rasvojen käsittelyä. (Kunnossapito TOH. 2012)

### 5.2 Toinen sukupolvi

Toinen sukupolvi sai alkunsa toisen maailmansodan aikaan. Seurauksena kokeneet koneiden käyttäjät lähtivät sotarintamalle ja tilalle asetettiin kokemattomia henkilöitä. Seuraus oli koneiden automatisointi ja tuotantolinjojen pidentäminen. Tämän takia kustannukset kasvoivat ja kunnossapidon tarve kasvoi entistä enemmän. (Kunnossapito TOH. 2012)

### 5.3 Kolmas sukupolvi

Kolmas sukupolvi käynnistyi 1970-luvulla amerikkalaisten avaruus projektien ja innovaatioiden avulla. Tämä toi tuotantolaitteiden automaation ja mekanismien määrän kasvua, joka johti suurempiin tuotanto voittoihin ja liiketoiminnan kasvuun. Näistä syistä koneista oltiin riippuvaisia ja niiden toiminta tuli maksimoida. (Kunnossapito TOH. 2012)

#### 5.4 Neljäs sukupolvi

Neljäs sukupolvi alkoi, kun tietokoneet ja IT-teknologia sai alkunsa 1990-luvulla. Tuotantovälineet muuttuivat paljon pneumatiikan, tietotekniikan ja elektroniikan uudistuksien ansiosta. Tämä myös suuntasi kunnossapidon osaamista ja eri osa-alueiden kehittämistä. Mekaaninen puoli pysyi samana mutta alalle suuntautui muita, esimerkiksi sähkö, hydraulikka ja IT puoli, joiden piti vastata omasta kunnossapito alueestaan. (Kunnossapito TOH. 2012)



## 6 KUNNOSSAPITO

Kunnossapitoon kuuluu laitteistojen kunnonvalvonta, huolto ja koneiden modifiointi. Kunnossapidossa pitää pystyä korjaamaan tuotannossa aikaan saatu vika tai erehdys nopeasti ja mahdollisimman edullisesti. On tärkeä ennaltaehkäistä koneiden laiteviat ja huoltaa niitä niin, ettei tarvitse tehdä suuria huoltoja useasti. (Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 2012)

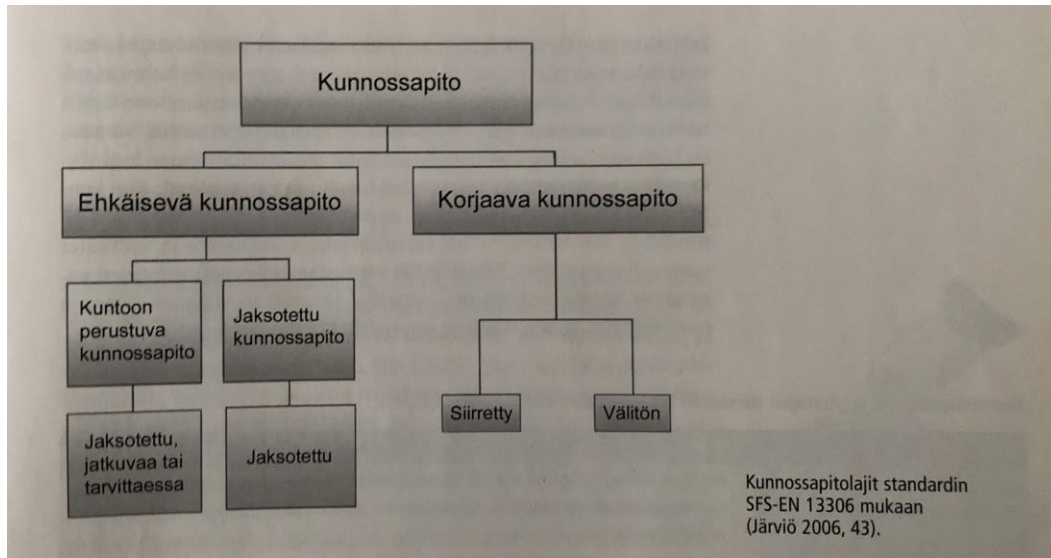
### 6.1 Huolto

Huollon menetelmä on pääsääntöisesti koneiden sekä laitteiden vianetsimistä, vikojen korjaamista ja ennakoivia toimintoja, kuten laitteiden pitäminen siistinä. Laitteiden siisteys voi ennaltaehkäistä jopa 40 % vioista. Jaksotettuun huoltoon kuuluu seuraavanlaisia toimenpiteitä kuten, puhdistus, voitelu, kalibrointi, kulutus osien vaihto ja toimintakyvyn palauttaminen (Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 2012)

#### 6.1.1 Kunnossapito

Kunnossapitoon kuuluu tuotantoon liittyvien laitteiden ja koneiden toimintakunnon ylläpitämiseen. Se on huomattavasti laajempi termi kuin huolto. Kunnossapitoa ajatellaan olevan laitoksen terveydenhoito. Kunnossapito pitää laitteet sekä koneet toiminnassa ja vastaa niiden eliniän odotuksista esimerkiksi laakereiden eliniästä. (Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. 2012)

## 7 KUNNOSSAPIDON LAJIT



Kuva 6 (Kunnossapidon lajit)

### 7.1 Ennaltaehkäisevä

Ennaltaehkäisevä kunnossapito edesauttaa minimoimaan isojen seisakkien tarpeita ja muita suuria huoltotöitä. Ennaltaehkäisevään kunnossapitoon kuuluu laitteiden testaus ja tarkastus ilman, että tiedettäisiin laitteessa olevan jokin vika. Tämä ennaltaehkäisee laitteiden yllättävää rikkoutumista. Tähän kunnossapidon lajiin kuuluu kaikki toimenpiteet, jotka pystytään suorittamaan ennen kuin vika sammuttaa komponentin tai laitteen toiminnan kokonaan. Tehtäviä, jotka kuuluvat ehkäisevään kunnossapitoon:

- tarkastaminen
- kuntoon perustuva korjaus
- testaaminen, käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi.

(Kunnossapito. 2006)

## 7.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on strategia koneille ja laitteille, joiden halutaan antaa mennä epäkuntoon tai rikkoutua kokonaan. Korjaavan kunnossapidon idea on palauttaa kone tai laite sellaiseen kuntoon, jossa se voi suorittaa vaaditun toiminnon uudestaan. Jos koneella ei ole välitöntä tuotanto tarvetta käyttää, voidaan korjaus tämän mukaan tehdä myöhemmin ja tehdä tuotannolle tärkeämpiä korjauksia aikaisemmin. Korjaavaan kunnossapidon tehtäviin kuuluu yleensä:

- määrittäminen
- vian tunnistus
- vian paikantaminen
- korjaus tai väliaikainen korjaus
- toimintakunnon palauttaminen.

(Kunnossapito TOH. 2012)

## 7.3 Parantava kunnossapito

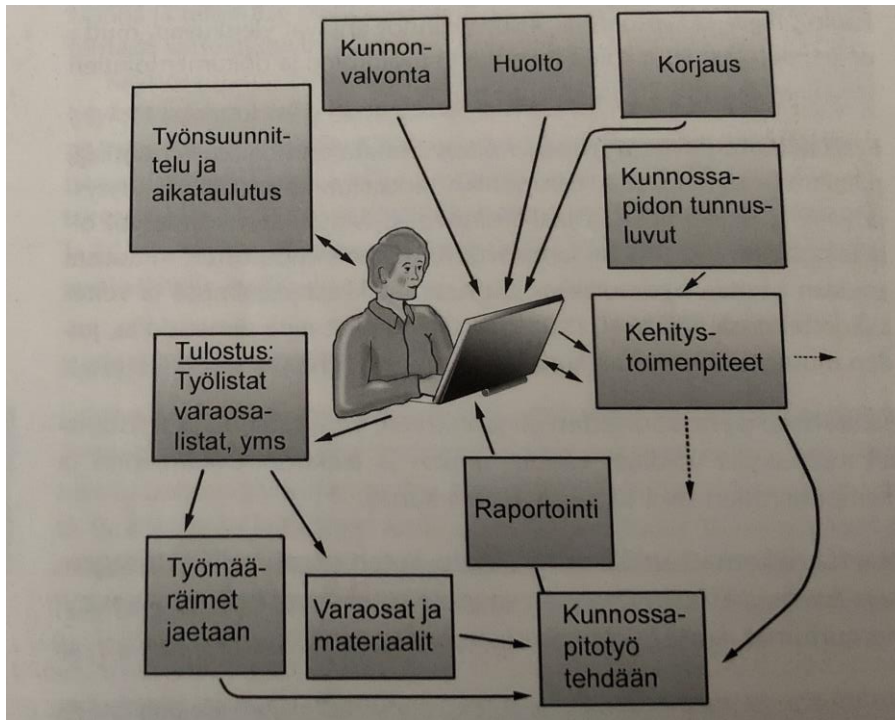
Parantavan kunnossapidon tarkoitus on tehdä kohteesta tai laitteesta paremmin tuotettava tai toiminnaltaan luotettavampi. Tämä osio voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ensimmäiseen pääryhmään sisältyy kohteen komponenttien tai osien päivittäminen uudempiin. Toisessa pääryhmässä yritetään tehdä koneesta luotettavampi koneen suorituskykyä muuttamatta. Koneesta tai laitteesta yritetään tällöin parantaa epäluotettavuutta, jotta sitä ei tarvitsisi huoltaa niin paljon. Kolmanteen pääryhmään kuuluu koneen tai laitteen modernisointi. Tässä yritetään parantaa suorituskykyä. Yleensä, jos vanhalla koneella on vielä elinikä jäljellä, on järkevämpää yrittää modernisoida se romuttamisen sijaa. Näin pystytään kilpailuttamaan uusimpia koneita, joilla on parempi tuotto kuin vanhoilla koneilla. (Kunnossapito TOH. 2012)

## 7.4 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Tämä käsite ei ole standardeissa määritelty. Moderneissa tuotantokoneissa on paljon toimintaa ohjaavia prosessoreita, millä kerätään tietoa koneen käytöstä ja koneessa olevista kuormista. Näillä tiedoilla pystytään selvittämään vikojen syyt ja mistä vika on lähtöisin. Tämän jälkeen pystytään suunnittelemaan korjaustoimia, jotka eivät vaikuta koneen tuottoon voimakkaasti. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä pyritään saamaan vikojen perussyyt ja vikamuodot. Näiden syiden selvittämisellä estetään samalaisten vikojen syntyminen. Menetelmiä:

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- juurisyyn selvittäminen
- materiaalien- ja suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset (Kunnossapito TOH. 2012)

## 8 KUNNONVALVONTA



Kuva 7 (Kunnonvalvonnan tietojärjestelmä)

Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan prosessia, jota seurataan ja arvioidaan laitteiden tai järjestelmien kuntoa ja toimintoja. Tällä varmistetaan laitteen tai järjestelmän kunto ja myös, milloin sitä pitää huoltaa tai vaihtaa osia. Kunnonvalvonnan toteutus käsittää toimenpiteitä kuten, tulosten mittaamista ja tarkastelua, koneiden oireiden toteamista ja niiden tunnistamista, vian aiheuttajan selvittämistä, dokumentointia, raportointia ja toimintojen seurausta ja niiden kehitystä.

Kunnonvalvontaa pystytään kriittisyys analyysin perusteella keskittämään alueittain paremmin, kun tiedetään laitteiden kriittisyydet. Laitteiden kriittisyyksien perusteella voidaan tarkentaa kunnonvalvonnan aluetta, jotta saataisiin mahdollisimman tarkka kunnossapidon suunnitelma aikataulullisesti. Kriittisyysanalyysin avulla pystytään keskittymään kriittisiin kohtiin, jotka vaikuttavat tuotantoon eniten.

(Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

## 8.1 Menetelmät

Kunnonvalvonnan mittaus menetelmiin kuuluu erilaisten analyysien ja sensorien käyttöä, jolla seurataan laitteiden kuntoa laitoksissa. Sensoreilla voidaan mitata eri lämpötiloja, painetta ja värähtelyä, näillä tiedoilla voidaan havaita, onko laite tai kone huoltoa vailla.

Analyysejä pystytään tekemään melkein, mistä tahansa teollisuuden osa-alueesta. Analyysejä tehdään sellaiseen asiaan, mitä voidaan muokata tai vaikuttaa koneen kuntoon esimerkiksi öljyyn tai värähtelyyn liittyvät analyysit. Koneen kuntoon perustuvat analyysit ovat yleensä suurissa määrissä käytettyjä analyysejä.

On myös valvontaa, jota voidaan tehdä ilman mitään suurta tietokantaa tai laitteita. Tällaisia menetelmiä on visuaalinen, kuunteleminen, haisteleminen ja fyysinen. Näitä voi kuka tahansa tehdä, kunhan tietää koneen normaalin tilan.

(Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.1 Aistinvaraiset havainnot

Aisteihin kuuluu kuulo-, näkö-, haju- ja tuntoaistit. Kunnonvalvonnassa käytetään edelleen perinteisiä aisteja, joita on käytetty ennen vanhaan. Aisteja pystytään nykyään parantelemaan erilaisten laitteiden avulla esimerkiksi kuuloaistia parantavalla laitteistolla. Näitä kyseisiä laitteistoja on esimerkiksi akustinen koetin, jolla kuunnellaan laakerien kuntoa. Kun tehdään aistien varaista kunnonvalvontaa, on suorittajan tunnettava aistien toiminnan pääperiaatteet, aistien toiminnan herkkyyteen vaikuttavat tekijät, aistien käyttötavat kunnonvalvonnassa, apuvälineiden käytön aistien tukena ja koneiden toiminta. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.2 Voiteluanalyysi

Voiteluanalyysillä saadaan tietoa koneen toiminnasta sen osien kulumisesta, voitelun tehokkuudesta ja voiteluaineen kunnosta. Voitelu- sekä hydraulikkaöljystä otetaan

näytteitä ja analysoidaan näitä tällöin, saadaan tietoa koneen ja voiteluaineen kunnosta. Voiteluaineesta voidaan löytää epäpuhtauksia, jotka lisäävät kulumista ja heikentävät öljyn kuntoa. Öljyn huono kunto huonontaa koneen käyttöikä ja lisää kulumista osiin. Öljyn huono kunto lisää taas epäpuhtauksia öljyyn, mikä lisää kulumista osissa. Voiteluanalyysinä on neljä erilaista tapaa perusanalyysit, joilla tutkitaan aineen kuntoa. Hiukkasanalyysillä tutkitaan voiteluaineen epäpuhtauksia ja puhtautta. Kulumametalianalyysi, millä tutkitaan koneen kuntoa voiteluaineesta seuraamalla metallipitoisuuksien muutosta ja määrää. Vesipitoisuusanalyysi tarkastellaan aineessa olevaa vettä, mikä on sekoittunut aineen joukkoon. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.3 Lämpötilan mittaus

Lämpötilamittauksia tehdään kahdella erilaisella mittauskeinolla koskettamalla tai koskettamattomalla. Lämpötilan noustessa materiaali laajenee ja joissain kohdissa voi jopa sulaa. Kun kappaleelta estetään lämpötila laajeneminen se aiheuttaa aineelle lämpötilajännityksiä, joka taas voi aiheuttaa kappaleelle pysyviä muodon muutoksia. Lämpötiloja mitatessa yritetään estää suurten lämpötilajännityksien aiheutumisen. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.4 NDT menetelmät

NDT menetelmät "non destructive methods" suomeksi ainetta rikkomattomia tarkastusmenetelmiä. NDT menetelmiä käytetään myös tuotannossa kuin kunnossapidossa. Tyypillisiä NDT menetelmiä ovat pinnankarheuden mittaus, karkaisun jälkeen kovuuden mittaus, hitsisaumojen röntgen tarkastus, endoskooppitarkastus, ultraääniluotaus ja stroboskooppitarkastelu. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.5 Ääni ja ultraäänimittaukset

Ääni ja ultraäänimittaukset perustuvat ilman välityksellä tapahtuvaan aaltoliikkeeseen. Ultraääni on korkeampi ääni mitä ihmisen kuulu pystyy kuulemaan. Ultraäänimittauksia tehdään myös asioista, joissa on väliaine esimerkiksi neste. Äänimittauksia tehdään meluun ja työsuojelullisiin asioihin ja niiden ennaltaehkäisemiseksi. (Kuntoon perustuva kunnossapito)

### 8.1.6 Muuntajan käytönaikainen kunnonvalvonta

Sähkösiirron ja jakeluverkon kallein yksittäinen komponentti on tehonmuuntaja. Muuntajan toiminnolla on siis suuri merkitys käyttövarmuudella. Muuntajan kunnonvalvontamenetelmistä tehokkain ja tärkein on öljyyn liuenneiden kaasujen analyysi. Näitä analyysejä tehdään laboratoriossa. Näiden analyysien tarkoituksena on saada tietoa öljyyn seonneesta aineesta. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.7 Venymäliuskamittaukset

Venymäliuskamittauksia käytetään rakenteiden jännityksien määrittämisessä. Rakenteen kuormittuessa siihen kohdistuu voimia, nämä voimat yleisesti kohdistuvat vaikutuspisteisiin. Venymäliuskamittauksilla mitataan kappaleen pinnan suhteellista venymää, minkä tietty voima on vaikuttanut. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

### 8.1.8 Suojajärjestelmät

Suojajärjestelmillä tarkoitetaan koneen järjestelmän automaattista ohjausjärjestelmää, joka kertoo koneelle tietoa siitä, milloin sen pitää pysähtyä tai asettaa kone sellaiseen tilaan, missä sitä voidaan käyttää turvallisesti. Tällaiset järjestelmät auttavat koneen operaattoreita operoimaan konetta turvallisesti hätätilan aiheutettua. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

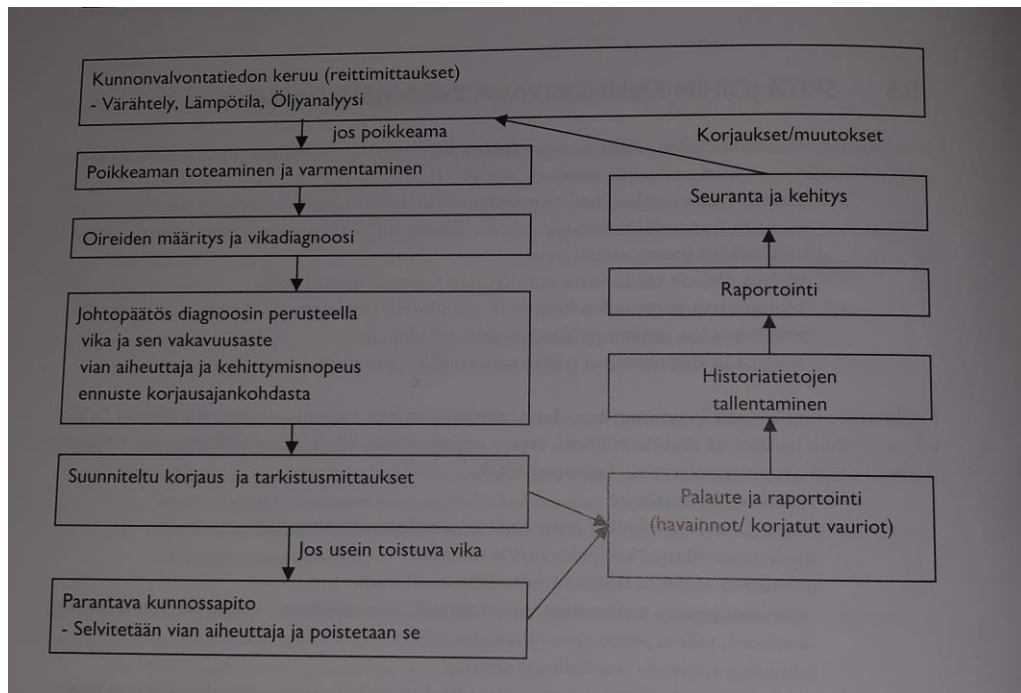


## 8.2 Ongelmia

Kunnonvalvonnan ongelmia, jotka voivat aiheuttaa hankaluuksia prosessin kunnon valvonnan tekemisessä on esimerkiksi epäselvät vastuualueet, ylemmän johdon puute, löydettyjen vikojen korjaukset eivät toteudu, ei ole osaavaa henkilökuntaa, resurssien puute ja väärät henkilövalinnat. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

## 8.3 Kunnon valvonnan prosessi

Kunnonvalvonnan prosessia voidaan pitää kiertävänä prosessina. Kunnonvalvonnan prosessi alkaa ja päättyy palautteeseen ja raportointiin. Prosessi jakautuu kuvan 6 mukaisesti 10 eri komponenttiin. Kunnonvalvonnan prosessi alkaa vanhan palautteen lukemisella, josta selviää, mitä on korjattu tai mikä on ollut vanha vika. Palautteen lukemisen ja arvioinnin jälkeen aloitetaan seuraamaan vikaa tai vian kehitystä. Vian seurannan jälkeen otetaan analyysijä värähtelystä, lämpötiloista ja öljyistä, jotka kirjataan ylös. Analyysien kirjaamisen jälkeen selvitetään prosessissa ollut jotain poikkeamia tai epäkohtia, mitä ei yleensä tapahdu. Poikkeamisten toteamisen jälkeen määritellään oireet ja tehdään vikadiagnoosi, jotka kirjataan ylös. Lopuksi tehdään tarvittavat kunnossapito toimet ja vaihdetaan tarvittavat osat. Jos vika on useasti tapahtuva, selvitetään sen aiheuttaja ja poistetaan se. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)



Kuva 8 (kunnonvalvonnan prosessi)

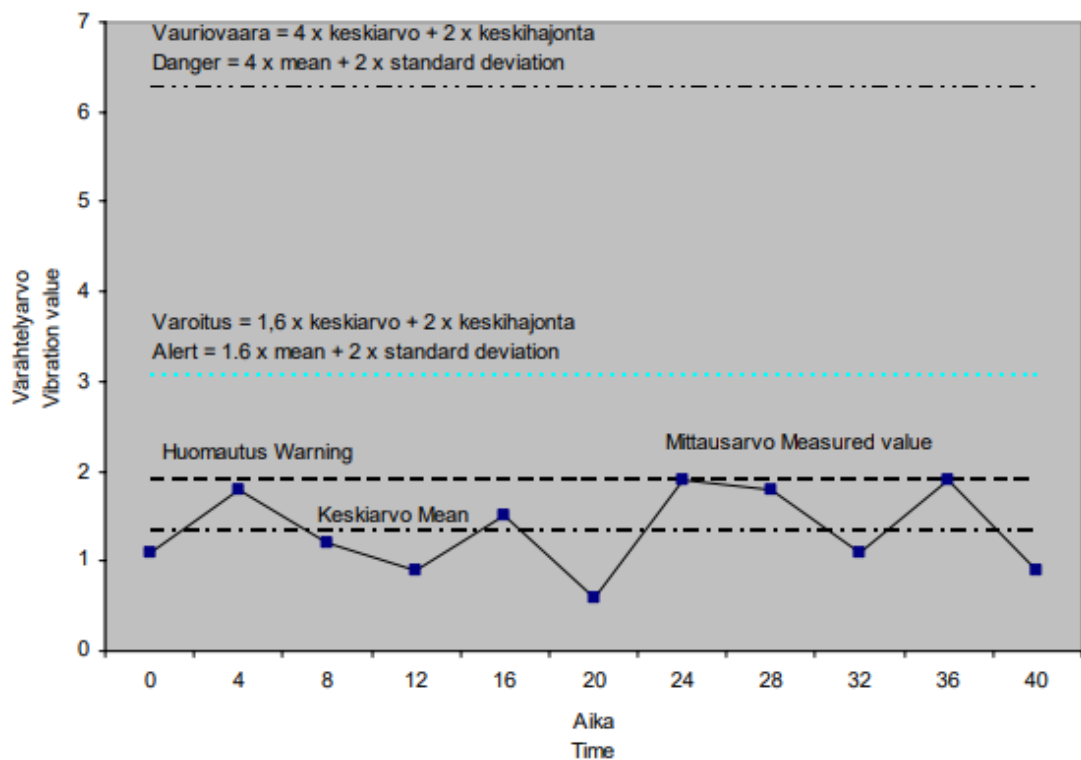
#### 8.4 Kunnonvalvonnan suunnittelu

Kunnonvalvonnan suunnittelu mittausten puolesta on yleisimmin tehty värähtely mittausten avulla. Näiden lisäksi on myös käytetty visuaalista tarkastelua, lämpötilan seurantaa ja öljyihin liittyviä tarkasteluja.

Kunnonvalvonnan suunnittelu sisältää PKS 5705 standardin mukaisesti seuraavia vaiheita. Aluksi aloitetaan valitsemalla kohteet, joissa käytetään valvontaa. Kunnonvalvonta määritellään seuraavia tekijöitä käyttäen, turvallisuus- ja ympäristötekijät, tuotannon menetyksen kustannustekijät, kunnossapidon kustannustekijät ja laitteiden kriittisyys. Erilaisten valvontamenetelmien määrittely tapahtuu selvittämällä, tarvitaanko kokonaistasovalvontaa vai tarkempaa valvontaa. Tarkempaa valvontaa käytetään, kun kokonaistasovalvonnalla ei pystytä arvioimaan luotettavasti vian kehittymistä. Jos värähtely tiedoista ei saada tarpeeksi paljon tietoa laitteen kunnosta on valvontaa tehtävä muualta käsin esimerkiksi lämpökuvauksella tai voiteluanalyysillä.

Kun määritellään kunnonkartoitusta, saadaan kokonaiskuva kohteen merkittävimmät korjaustarpeet ja kohteet, joita kone tarvitsee eniten toimiakseen. Erilaisten raja-arvojen asettaminen laitteelle auttaa vian havainnollistamista. Raja-arvoja on kaksi ylempi ja alempi raja-arvo, näistä selviää, tarvitseeko laite kunnonvalvonnan tehostamista. Ylempi arvo, joka edellyttää laitteen korjaamista, voi myös johtaa laitteen kokonaiseen pysähtymiseen. (Kuntoon perustuva kunnossapito. 2009)

Raja-arvoja voidaan selvittää tekemällä kymmenisen mittausta, jostain tietystä suuresta esimerkiksi värähtelystä. Raja-arvoja määritellään seuraavasti PSK 5707 standardin mukaan, varoitusraja on  $1,6 \times$  keskiarvo +  $2 \times$  keskihajonta, vaurioraja on  $4 \times$  keskiarvo +  $2 \times$  keskihajonta, huomautusraja on keskiarvo +  $3 \times$  keskihajonta. (PSK 5707 standardi. 2006)



Kuva 9 Raja-arvojen määrittäminen mittausten perusteella

## 9 STRATEGIAT (TPM)

TPM (Total Productive Maintenance) on suomeksi kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito. TPM menetelmässä on tehdä tuotannon laitteille ihanteelliset toimintasuhteet ja pitää ajan tasalla nämä suhteet. TPM on alkuperäisesti japanilainen, joten koko järjestelmää ei pystytä kopioimaan suoraan pohjoismaisiin yrityksiin, sillä erilaiset kulttuurit, johtamissysteemit ja ihmisten suhtautuminen on erilainen, mitä esimerkiksi japanissa on. Japanilaisen periaatteen sijaan tartutaan periaatteiden esittämiseen pohjoismaisittain.

TPM syventyy tehokkuuden mittaamiseen taloudellisten mittareiden avulla. Kunnossapidon turhien tarpeiden supistamiseen ja huollon helpottaminen rakenteita muokkaamalla. Koko yrityksen henkilökunnan osallistuminen kaikkiin työn osa-alueisiin heidän asemastansa riippumatta. (Kunnossapito. 2006)

### 9.1 TPM taustaa

TPM käsite on peräisin japanista, Seiici Nakajimaa pidetään strategian luoja. Hänellä oli viisi perusasiaa, joilla saatiin luotua japanille vahva talouskasvu vuonna 1970 lopussa.

1. Suunnittelun tärkeyttä nostettiin, jonka avulla saatiin nostettua koneiden tehokkuutta häviöitä vähentämällä.
2. Nostetaan henkilökunnan tietotaitoa yksilö sekä ryhmä tehtävissä.
3. Ehkäisevien kunnossapidon toimenpiteitä aloitetaan suunnittelemaan.
4. Uusien kehitys hankintojen ryhtyminen.
5. Vaatimustason nosto käyttäjien toteuttamilla puhdistus- ja huoltotöillä.

Näillä viidellä perus parannuskohteella Nakajima loi vahvat pohjaperusteet japanin talouskasvulle. (Kunnossapito. 2006)

## 9.2 TPM Päämäärät

Kokonaisvaltaisen kannattavan kunnossapidon tärkeiksi päämääriksi kyetään asettamaan seuraavia asioita. Koneiden kokonaistehokkuuden maksimointia, kunnossapitosysteemin kehittämistä koko koneen eliniän ajaksi, saada koko yrityksen henkilökunta mukaan kunnossapito toimintaa ja siirtää kunnossapidon suunnittelu ja toteutus tietyille ryhmille, jotka käyttävät konetta. (Kunnossapito. 2006)

TPM: llä on Nakajiman mukaan kolme erityispiirrettä. Keinoja tiedonkeruusta, analysoinnista, ongelmien ratkaisusta ja prosessin ohjaukseen liittyvistä menetelmistä, joilla pyritään kehittämään koneen tehokkuutta. Menetelmä kannustaa myös tuotannon ja kunnossapidon henkilökunnan toimimaan yhdessä suunnittelun ja tuotannonohjauksessa. TPM auttaa myös laiteparannuksissa ja strategialla on myös kattavaa tarkoitusta standardisoinnissa, työpaikkojen organisoimisessa ja ongelmien ratkaisussa. (Kunnossapito. 2006)

## 9.3 Käytön suorittama kunnossapito

Käytön suorittama kunnossapito on käytännössä tuotannon henkilöstön omatoimista huolto ja siisteys toimintoja. Näin saadaan vähennettyä kunnossapidon henkilöstöjä ja pystytään siirtämään heille muita tehtäviä. Näihin tehtävien toteutukseen kuuluu seitsemän vaihetta. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.1 Koneiden ja laitteiden tarkka puhdistaminen

Laitteiden perinpohjainen puhdistaminen pyrkii poistamaan tekijöitä, jotka lisäävät kulumista, mikä taas nopeuttaa koneen tarvetta mennä huoltoon. Tämä myös auttaa koneen huoltamista ja tarkastamista. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.2 Koneen ja laitteen ympäristön siistiminen

Tämä saa aikaiseksi paremman ympäristön työskennellä, joka on myös paljon mukavampi henkisesti ja fyysisesti työntekijälle. Pystytään avaamaan kulkureittejä, kun ei

ole turhia tavaroita kulkureittien tiellä. Estetään myös liiallisen pölyn määrä, joka auttaa koneiden puhtaana pitämistä. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.3 Tehdä puhdistus ja huolto-ohjeet näille tehtäville

On tärkeää laatia helposti ymmärrettävät ohjeet, jotta kokemattomat työntekijät pystyvät tekemään saman ilman erillistä apua. Tällä pystytään myös varmistamaan koneen ulkopuolisten vaikuttajien mielipiteet koneiden oikein tehdyistä huolloista ja siisteys tarpeista, mikäli kyseessä ei ole koneen muokkaamista tai parantamista. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.4 Yleistarkastukset

Yleistarkastuksilla tarkastellaan koneen kuntoa käyttäen eri aisteja esimerkiksi haju, lämpötila, näkö, kuulo ja ääni aisteja. Koneessa voi olla vaikeasti päästäviä paikkoja, joita pitäisi tarkastella niin niitä voidaan modifioida, että konetta pystytään tarkastelemaan paremmin. Näin pystytään ennakoimaan koneen huoltoja, jos kone päästelee esimerkiksi outoja ääniä. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.5 Tuotannon henkilöstön tekemät tarkastukset

Tuotannon henkilökunnan kuuluisi tehdä päivittäistä valvontaa ja tarkastelua heidän käyttämästään koneesta ja raportoida ilmenevistä vioista ylemmälle portaalle. Tuotannon henkilökunnan kuuluisi myös tehdä päivittäistä kunnossapitoa heidän käyttämälleen koneella. Näistä pitäisi olla selvät ohjeet, joiden mukaan toimia oikeaoppisesti. (Kunnossapito. 2006)

### 9.3.6 Yleinen työpaikka järjestys

Määritellään työkalujen oikeat paikat, joista ne voi löytää kuka tahansa työpaikalla toimiva henkilö. Kun kulutustavaran oikeat paikat ja niiden minimäärät tiedetään, silloin voidaan varmistaa kulutustavaran kesto pitkälle ajalle. Kun kulutustavaralla on tilausraja, tiedetään tavaraa tilata lisää, kun se on loppumaisillaan. Näille järjestelmille

on yleensä määritetty vastuuhenkilö, joka on vastuussa työkalujen oikeista paikoista ja kulutustavaran tilaus rajoista. Voidaan myös asettaa monta henkilöä toimimaan näihin tehtäviin, niin ei rasiteta yhtä henkilöä monesta asiasta. (Kunnossapito. 2006)

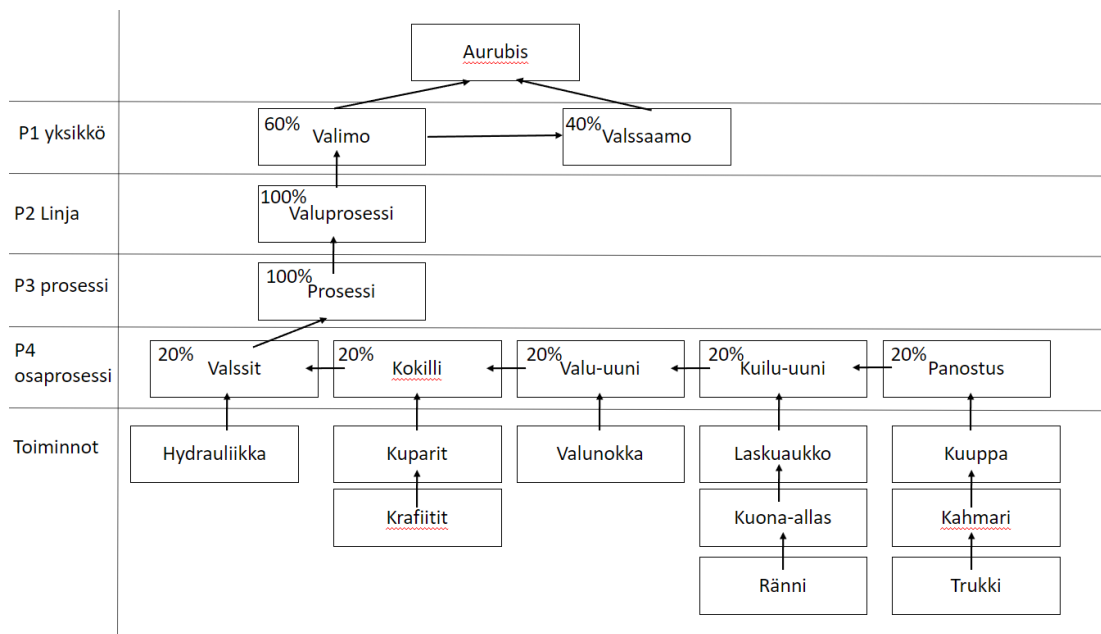
#### 9.3.7 Jatkuva kunnan seuranta

Kunnan seurannalle laaditaan koko yrityksen kokoinen tavoitteellinen kunnonseuranta. Kannustetaan työntekijöitä oppimaan uusia asioita ja opetetaan mahdollisimman paljon erikoneiden käyttöä ja huoltoa. Koneiden käytettävyyttä yritetään parantaa kuuntelemalla mahdollisimman paljon eri ihmisten mielipiteitä ja kokemuksia. (Kunnossapito. 2006)

## 10 KRIITTISYYS ANALYYSI VALIMON TUOTANTO LINJASTA

Kriittisyys analyysi aloitetaan tekemällä valimon osalta tuotannon vaikutuskertoimet kuvaaja käyttäen kuvaa 8 apuna. Ensin katsotaan mitä tuotanto yksiköitä kuuluu Aurubis Finland osastoon. Näitä on kaksi: valimo ja valssaamo. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain valimon tuotannon puoleen. Prosenttiosuuksia on vaikea arvioida, koska molemmat toimivat omatoimisesti. Valimo voi myydä pölliä eteenpäin, kun taas valssaamo voi ostaa laattoja muilta toimittajilta, jos oma valimo ei pysty tekemään tai toimittamaan laattoja levytykseen. Joten tästä syystä laitetaan valimon prosentti arvoksi 60% ja valssaamon 40%

Tuotantolinjoja valimossa on vain yksi mutta se on hyvin pitkä, sillä siihen kuuluu 5 eri vaihetta, jotka luetellaan osaprosesseissa. Osaprosesseihin kuuluu valssit, kokilli, valu-uuni, kuilu-uuni ja panostus. Nämä lajitellaan tuotannossa prosentuaalisesti saman arvoisiksi, koska yhden laitteen vikaantuminen voi johtaa tuotannon pysähtymiseen.



Kuva 10(Tuotannon vaikutuskertoimet)

Seuraavaksi voidaan tehdä kriittisyys luokittelu tietyille koneille, jotka vaikuttavat tuotantoon eli kuvassa 10 osaprosessien osa alueet ja toiminnot käyttäen apuna kriittisyysluokittelu mallia (kuva 3). Tämän avulla saadaan laskettua kriittisyys indeksi ja muut kriittisyyden osaindeksit.



Toimintopaikan tunnistus	Toimintopaikan nimitys	p	ws	we	wp	wq	wr	Kriittisyys indeksi	Kriittisyyden osaindeksi						
		Vikaantumisväli (0..8)	Turvallisuus (0..16)	Ympäristö (0..16)	Tuotannon menetys (0..4)	Lopputuotteen laatuksustannus (0..4)	Korjauskustannus (0..4)		Ks	Ke	Kp	Kq	Kr		
	Painoarvot		30	20	100		30	20							
	Kahmari	1	8	0	3	0	1		560	240	0	300	0	20	
	Kuoppa	2	2	0	3	0	1		52	120	0	18	0	2	
	Panos nostin	4	2	0	3	0	3		64	16	0	36	0	12	
	Kuilu-tilat	4	4	16	4	1	0		80	32	0	48	0	0	
	Polttimot	4	4	8	3	1	0		628	64	512	48	4	0	
	Bänni	4	8	4	4	1	3		308	128	128	48	4	0	
	Valu-uuni	2	4	2	3	2	4		132	64	16	24	4	24	
	Isuktori	2	8	0	4	0	4		120	128	0	24	0	32	
	Kokilli kupari	1	2	0	2	3	2		32	16	0	8	0	8	
	Kokilli krafti	1	2	0	1	3	2		19	16	0	2	9	4	
	Kokilli vedet	1	2	0	1	3	2		18	4	0	1	9	4	

Kuva 11(Valimon tuotanto linjan kriittisyysluokittelu)

Kriittisyys indeksiin on laitettu 11 eri osa aluetta, jotka vaikuttavat valimon valuihin merkittävästi. Valanta lähtee panostuksesta ja päättyy kokilliin. Valanteen matka panostuspuolelta kokillille asti kiertää muutaman vaiheen kautta. Ensimmäiseksi panostuksessa kupari lastataan kahmariä käyttäen kuoppaan, josta kuoppa suuntaa nostopai-kalle. Nostopaikalta kuoppa nousee kuilu-uunin eteiselle, mikä sijaitsee 25 tasolla. Kuupan nostaa siltanosturi, mikä on sijoitettu 25 tason katolle. Kupari jatkaa mat-kaansa kuilu-uunin eteisestä kuilu-uunin pohjalle, mistä se sulaa ja valuu laskuaukolle. Sulatus tapahtuu polttimoiden avulla. Laskuaukolta kupari valuu kuona-altaalle, jossa kuona kuonitaan pois. Kuona-altaasta kupari valuu pitkälle nokalle ja siitä valu uuniin. Valu-uunista kupari siirtyy valunokalle, josta se valuu suulaketta pitkin kokillille. Suu-rimmat kriittisyyden kertoimet saavat kahmari ja polttimot.

Suurimpina painoarvioina, jotka vaikuttivat kriittisyys indeksin korkeuteen, olivat tur-vallisuus ja ympäristö vaikutukset. Kahmariin vaikuttaa turvallisuus indeksi ja poltti-moihin ympäristö. Myös muita osa indeksejä oli vaikutuksessa mukana, mutta nämä saivat suurimmat arvot, jotka nostivat kriittisyys indeksin arvoa.

## 11 KUNNONVALVONTA VALIMON TUOTANNON HUOLLOSSA

Valimon tuotannon huollossa voidaan kunnonvalvontaa kohdentaa kriittisyys analyysin perusteella ja kriittisyys analyysin kohteiden perusteella. Kriittisyys analyysin perusteella kuilun polttimot ja panostus hallin kahmari ovat kriittisyys indeksin mukaan kriittisyydeltään suurimmat, näiden jälkeen tulee ränni, valu-uuni ja induktori. Viimeisinä kuuppa, panos nostin ja kokkilliin liittyvät indeksit.

Kunnonvalvonta kannattaa siis keskittää kriittisimmille alueille eli panoshallin kahmariin ja kuilun polttimoihin. Näihin voisi keskittyä eri menettelytyyleillä, esimerkiksi kahmarin kunnonvalvontaa voisi kohdistaa kahmarin hydraulikkaan ,tarkastamalla kuluvat osat säännöllisin väliajoin. Kahmarin huolto tehdään puolen vuoden välein, jossa tarkastetaan öljyt ja vaihdetaan kuluneet osat.

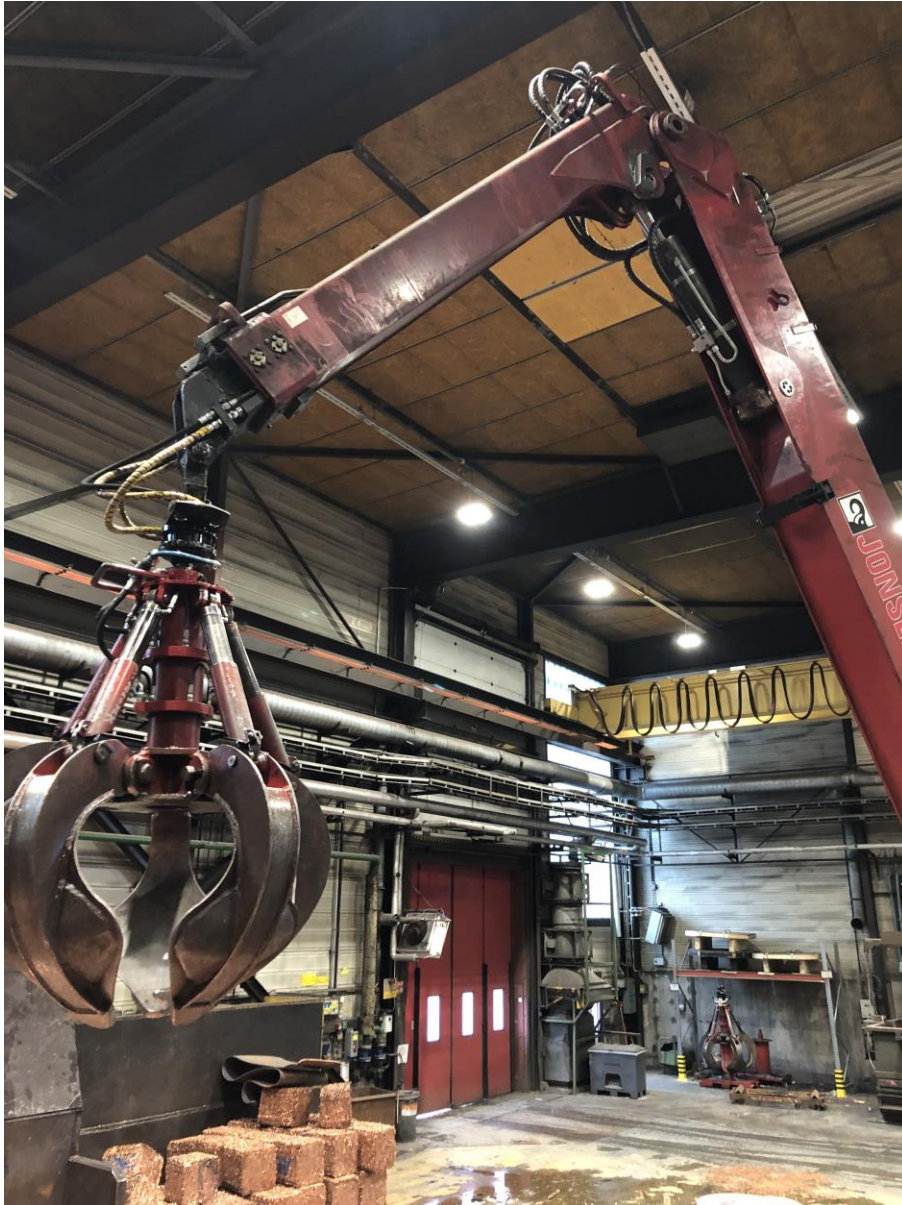
Rännin ja valu-uunin kunnonvalvontaa voidaan tarkkailla rännien massojen käyttäytymisellä ja niiden kyvystä pitää sula kupari rännien sisällä estäen minkäänlaisia vuotoja. Kun taas valu-uunin kunnonvalvontaa voidaan valvoa kuonan määrällä ja induktorin lämpöjen tasaisella pysyvyydellä. Jos jossain tilanteessa induktori menisi rikki syystä tai toisesta ,pitäisi koko uuni uusina induktorin mukana. Kuonan määrää täytyy valvoa vain visuaalisesti, sillä uunin sisällä on yli 1000 astetta, joten erilaisia mittausvälineitä ei ole tähän tarkoitukseen keksitty. Induktorin valvontaa pystytään tekemään induktorin käyrien ja lämpövastusten avulla.

### 11.1 Valimon kunnonvalvonnan osaalueet

Tässä osiossa käydään läpi valimon tuotannon kulusta tärkeimmät kohdat ja niiden koneiden kunnonvalvonta paikka kohtaisesti. Aloittaen panostuksesta ja lopetetaan laatan tai pöllin loppupisteelle. Osiot, joita käydään läpi kahmari, panoskuuppa, panosvaunu, panosnostin, eteinen, kuilu, rännit, kuona-allas, valu-uuni, induktori, kokkilli, valssit, kääntökori, rullarata ja laattanostin.

### 11.1.1 Kahmari

Kahmarin kunnonvalvontaan kuuluu kahmarin öljyjen valvominen tietyin väliajoin. Tähän kunnonvalvontaan kuuluu kahmarin hydraulikka öljyn analyysi, tästä öljy analyysistä seurataan pölyn määrää öljystä.



*Kuva 12 Kahmari*

### 11.1.2 Panoskuoppa

Panoskuupan kunnonvalvontaa tehdään visuaalisesti. Tämä osio kuuluu tuotannolle kuin myös kunnossapidolle. Kuupasta tarkastellaan seinämien kuntoa ja niiden saumoja. Jos kuoppa ei pystytä käyttämään enää muodon muutoksien takia tämän tilalle laitetaan varakuoppa, varakuoppia on aina kaksi.



*Kuva 13 Panoskuoppa*

### 11.1.3 Panosvaunu

Panosvaunun kunnonvalvontaa tehdään yleisimmin seisakeilla, kun panosvaunu nostetaan pois raiteilta, tällöin pystytään näkemään, onko runkoon kohdistunut tiettyjä voimia, jotka muokkaisivat vaunun runkoa. Muulloin katsotaan vaunun toimintaa ja sen avulla pystytään päättämään kestääkö vaunu seuraavaan seisakkiin asti. Tarkastellaan myös vaaka-anturien kumit, nämä kumit ottavat iskuja vastaan vaaka-anturien päällä.



*Kuva 14 Panosvaunu*

#### 11.1.4 Panosnostin

Panosnostimen kunnonvalvontaa tarkkaillaan panosnostimen orren kulmasta ja nosturin normaalista käyttäytymisestä. Panosnostimen kalibrointi on myös kunnonvalvontaa, jos joudutaan kalibroimaan nosturia liian monta kertaa lyhyen aikavälin ajassa, tämä kertoo pulssianturin, pulssianturin sylinterin tai linjauksen olevan rikki. Panosnostimelle tehdään tietyn väliajoin kunnossapitoa mutta tämän suorittaa konecranes.



*Kuva 15 Panosnostin*

### 11.1.5 Eteinen

Eteisen ovien hydraulisynterien kunnonvalvontaa seurataan samalla tapaa kuin kahmarin kunnonvalvontaa. Käytetään siis öljyjen analysointia tietyin väliajoin. Tehdään myös visuaalista tarkastelua sylinterien kunnosta.



*Kuva 16 Eteinen*

### 11.1.6 Kuilu

Kuilun kunnonvalvontaa tehdään visuaalisesti, kun kuilu ei ole päällä niin sen sisälle pystytään asettamaan endoskooppi, jolla näkee kuilun seinien kuntoa. Kuntoa pystytään myös valvomaan polttimoiden päistä, joissa on tarkastelu ikkuna. Tästä ikkunasta näkee myös kuilun sisälle.



*Kuva 17 Kuilu*



### 11.1.7 Rännit

Rännien kuntoa valvotaan pääasiassa rännien massasaumojen kuntoa seuraamalla ja niiden korjaamisella.

### 11.1.8 Kuona-allas

Kuona-altaan kuntoa seurataan samalla tavalla kuin rännien. Seurataan siis liitoskohtia, jotka ovat massattu yhteen. Kuona-altaan rungon kuntoa pystytään myös tarkkailemaan sen muodon muutoksista, jos niitä tulee. Kuona-allasta ei vaihdeta muuta kuin kaksi kertaa vuodessa kesällä ja talvella. Joten jos kuona-altaaseen tulee vikaa tai reikä se paikataan mahdollisimman nopeasti.



*Kuva 18 Rännit ja Kuona-allas*

### 11.1.9 Valu-uuni

Valu-uunin kuntoa valvotaan visuaalisesti sen eri luukuista. Valu-uunin kuuluu kestää kaksi vuotta ennen sen huoltoa. Valu-uunin kuntoa pystytään valvomaan kuonan määrästä. Estämällä kuonaa tulemasta liikaa ehkäisee valu-uunin huonoa kuntoa.



*Kuva 19 Valu-uuni*

### 11.1.10 Induktori

Induktorin kunnonvalvontaa tehdään induktorin vesien avulla. Käytetään paluu ja meno vesien lämpötila eroja suhtautettuna virtaus määrään. Veteen jäävän energian määrä kasvaa induktorin kulumisen myötä. Kulumista tapahtuu induktorin sisällä, missä sula kupari kiertää ja tämä kuluttaa seinämiä. Tämä suurentaa kanavia, joka kasvattaa veden lämpötilaa ja tästä voidaan päätellä induktorin kuntoa.



*Kuva 20 Induktori*

### 11.1.11 Kokilli

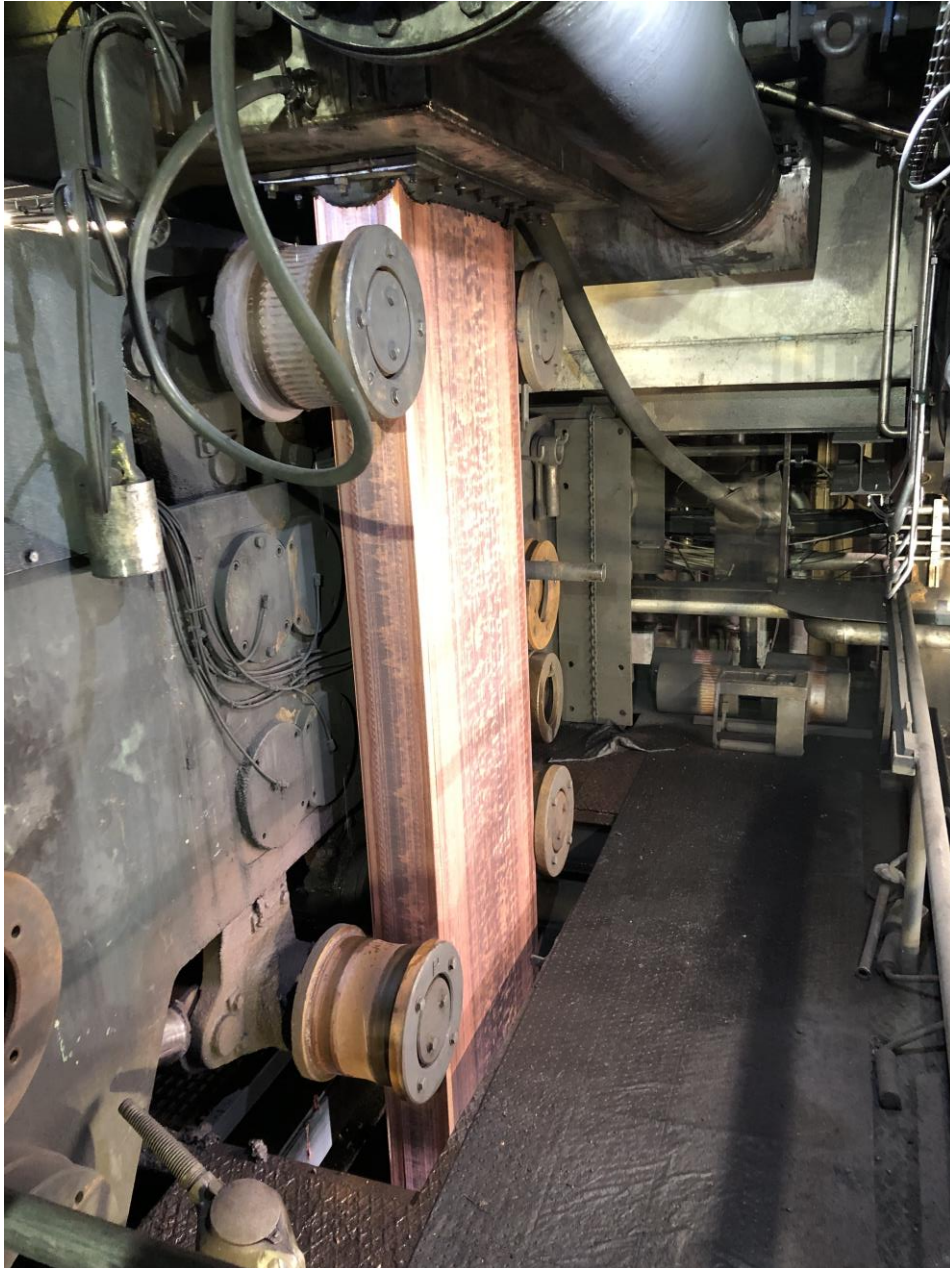
Kokillin kuntoa ei pystytä tarkkailemaan ajonaikana, jos näyttää siltä, että kokillista tulee yli tai on epäkunnossa, on valut lopetettava. Kokillin kuntoa seurataan siinä vaiheessa, kun kokillia puretaan ja tehdään tarvittavat kunnossapito toimet. Kokillin kupari osia pystytään tarkkailemaan niiden pinnan perusteella.



*Kuva 21 Kokilli*

### 11.1.12 Valssit

Valssien kunnonvalvontaa seurataan niitä linjaamalla ja mittaamalla näiden valssi pyörien läpimittoja. Jos linjaus ei pidä paikkaansa ja on hiukan vino tiettyyn suuntaan niin se vahingoittaa kokillia, vesilaatikoita ja voi jopa huonoimmassa tapauksessa pysäyttää valut kokonaan.



*Kuva 22 Valssit*

### 11.1.13 Kääntökori

Kääntökoriassa käytetään samaa kuin kunnonvalvontaa mitä käytetään kahmarissa ja 25 tason eteisessä. Käytetään siis öljyanalyysiä, mistä otetaan öljyn hiukkasista analyysiä. Tämä analyysi tehdään tietyin väliajoin.



*Kuva 23 Kääntökori*

### 11.1.14 Rullarata

Rullaradan kunnonvalvontaa tehdään katsomalla rasvan määrää ja muuten visuaalisesti laakereiden kuntoa ja ketjujen välyksiä. Rullaradan ulkoyksikön kuntoa valvotaan lämpötilojen avulla, jos ulkona on liian kylmä se saattaa jäädä ulkoradat.



*Kuva 24 Rullarata*

### 11.1.15 Laattanostin

Laattanostimen kunnonvalvontaa tehdään visuaalisesti silmäilemällä sen kuntoa ja toimivuutta. Konecranes tekee myös jaksottaista kunnossapitoa ja tekee siihen tarpeelliset huollot tarpeen tullen.



*Kuva 25 Laattanostin*



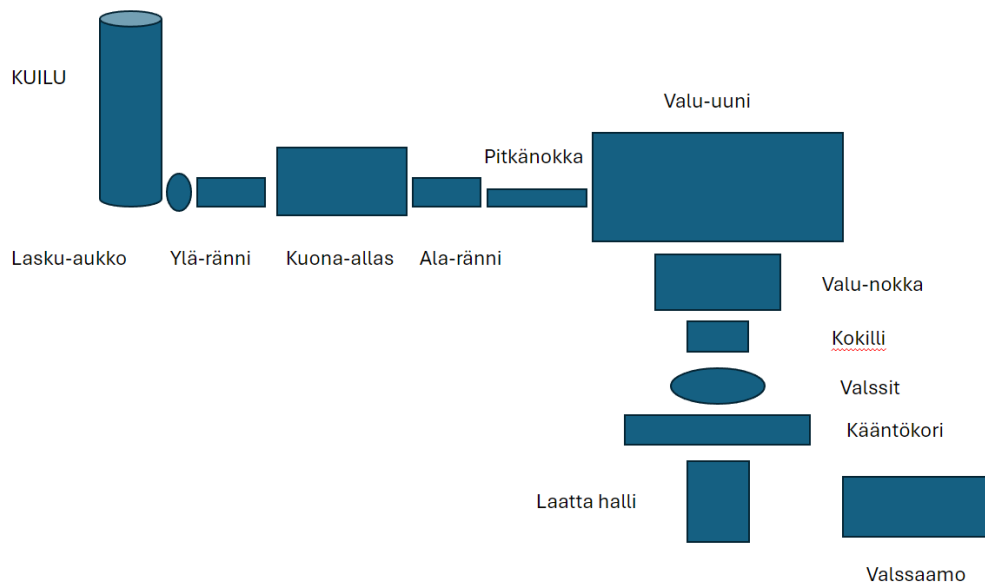
## 12 KUILU UUNIN ENNAKKO HUOLTO

Aurubiksen kuilu uuniin tehdään joka vuosi kaksi kertaa huolto, jolla ennalta ehkäistään mahdollisimman paljon tuotannon turhaa pysähtymistä. Huolto tehdään kesällä ja talvella. Silloin käydään huoltamassa kuilu-uunin polttimeita ja jos kuilun pohja osassa on huono kuntoisia kiviä, yritetään vaihtaa ne, jotta valun aikana ne eivät tipuisi ja pysäyttäisi tuotantoa.

### 12.1 Kuilu-uunin kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysi aloitetaan valitsemalla kriteerit kunnonvalvonnan kriittisyysanalyysille. Analyysissa käytetään PSK 6800 standardin ympäristö ja turvallisuus kriteerejä, kun suunnitellaan kunnonvalvonnan tarpeita.

Katsotaan ensin turvallisuus kriteereitä, miten kuilu-seisakki vaikuttaa turvallisuuden puolesta. Kun työskennellään laskuaukolla, on hyvin tärkeää pitää laskuaukko auki, lasku aukon tukkiutuminen voi aiheuttaa vaaratilanteen lisäksi tuotannon pysähtymisen. Kuilun huono kunto voi myös vaikuttaa nestekaasun ja typen käyttöön, esimerkiksi lisäämällä näiden käyttöä.



Kuva 26 (valimon tuotannon kulku)

Kuilun huono kunto ja kuilun tiilien tippuminen voi myös aiheuttaa ympäristö riskejä. Kun kuiluun menee liikaa kaasuja ja muita kuona aineita ,mitkä palavat ja muuttuvat savuiksi niin kuilun hattu aukeaa ja pahoja päästöjä pääsee ilmaan. Tämä siis voisi aiheuttaa 16 asteen ympäristö riskin, jos haitallisia kaasuja pääsee luontoon. 16 asteen ympäristö riski voi aiheuttaa alueella ja laajalti alueen ulkopuolella ympäristön saastumista. Saastuminen aiheuttaisi suuria taloudellisia tappioita ja sen hoitaminen saattaisi kestää monia vuosia.

## 12.2 Kuilu-uunin rakenne ja toiminto

Kuilu uuni on rakennettu erilaisista kivistä ja elementeistä. Nämä ovat siis kulutustavaraa, koska ne kuluvat jaksottaisesti varsinkin kuumassa uunissa. Kuilu-uunin korjaus kestää yleensä viikon. Uuni myös uusitaan kokonaan 6 vuoden välein. Silloin rakentaminen kestää hiukan kauemmin, kuin pelkkä korjaus.

Kuilu-uuni toimii normaalisti sulatusuunin tavoin. Kuiluun lastataan romu-, puhdasta ja kierrätyskuparia, josta valetaan uusia tuotteita. Kuilua lämmitetään nestekaasun avulla, käytetään myös muita kaasuja kuten typpeä ja ilmaa.

### 12.3 Miten kuilu-uunin huoltoja voitaisiin ennaltaehkäistä



*Kuva 27(Aurubiksen kuilu-uuni)*

Kuilun huonoa kuntoa voidaan ennalta ehkäistä, mutta se ei poista tarvetta seisakeille. Ennaltaehkäisyä voidaan ensin parantaa panostamista pienentämällä panostamisessa käytettyjä kuparin kappaleiden kokoja. Toiseksi pyritään tekemään vähemmän aloituksia ja lopetuksia, sillä kun uuni kylmenee ja kuumenee kivet elävät enemmän ja murtuvat helpommin. Viimeisenä keinona voidaan käyttää vähemmän hapetusta kuparin sulattamiseen, sillä se syövyttää kiviä enemmän.



*Kuva 28(Aurubiksen panostushalli)*

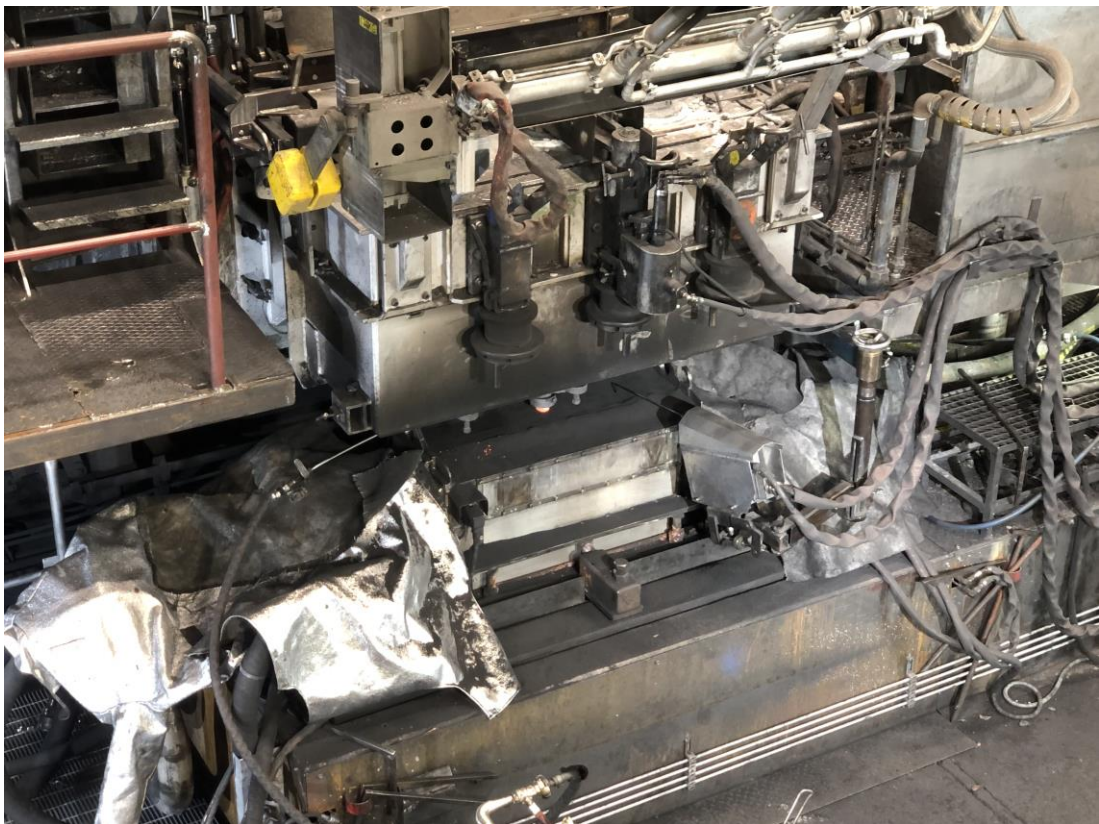
### 12.3.1 Panostus

Kuilua täytyisi panostaa kevyemmällä lastilla, jotta kuilun seinämät säilyisivät parempina. Kuilua täytetään kierrätys kuparilla tai suoraan katodeilla eli puhtaalla kuparilla. Voitaisiin yrittää panostaa pienempiä lasteja, joka vaikuttaisi kuilun seinämien kuntoon. Myös panostus kuupan kasaaminen vaikuttaa kuilun kuntoon siten, että kuoppa kasataan raskaspanos päälle ja pehmeät pohjalle, vaikuttaa panoksen etenemistä kuiluun kovat panostus materiaalit edellä vahingoittaen kuilun seinämiä. Kun lastataan panostus kuoppa, lastataan se niin, että kuilun pohjalle tippuu niin sanotut pehmeät kuparit ja niiden päälle raskaammat laatat tai pölin palaset. Näin estetään kuilun pohjan naarmuuntumista, sillä pehmeä kuparisilppu toimii törmäys vaimentimena.

Panostus toimii nosturin ja panoskouraimen avulla. Näiden avulla panostetaan kuoppia eli isoja koreja, joilla kipataan tietty määrä kuparia kuiluun. Ensin lastataan kuoppa, joka liikkuu nosturille, josta se nousee ylös kipattavaksi kuiluun.

### 12.3.2 Kuilu

Toisena ajatuksena pyritään vähentämään vaihtoja ja lopetuksia. Näiden mukaan kuilun ei tarvitsisi jäähtyä ja lämmitä uudestaan monta kertaa viikossa, mikä kuluttaa kuilun kiviä ja polttimoita. Vaihtojen määrä myös säästäisi lopetus katodien käytössä ja kokillin huollossa. Kokilli joudutaan huoltamaan joka kerta kun valu lopetetaan, jotta se olisi turvallinen ja tuote mitä siitä saadaan, olisi mahdollisimman hyvää pinnasta. Lopetus katodeja käytetään, kun vaihdetaan kokillin kokoa tai lopetetaan valu kokonaan. Kokillilla tarkoitetaan eräänlaista muottia, johon kupari valetaan. Aurubikselta löytää laatta ja pölli kokilleja.



*Kuva 29 (Aurubiksen laatta kokilli ja valu-uuni)*

Lopetus katodeja käytetään lopetuksissa, joissa se jää kuilun pohjalle ja auttaa siinä, ettei kupari hapetu helposti. Lopetus katodit auttavat myös valun aloituksessa, kun kuilua käynnistetään. Tällöin saadaan tehtyä aloitus rauhassa ja voidaan aloittaa normaalit valut.

### 12.3.3 Tuotanto määrä

Kolmantena vaihtoehtona on vähentää kuilun hapetusta, joka aiheuttaa kivien haurastumista ja niiden syöpymistä. Hapetusta käytetään yleensä, kun aloitetaan valu, sula virta on liian hidasta tai, jos laskuaukko on tukossa.

## LÄHTEET

Aurubis Finland (n.d.) Haettu osoitteesta: <https://www.aurubis.fi/about-us/>

Konecranes (2015) Kriittisyysanalyysi. Haettu linkistä : [https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes\\_kriittisyysanalyysi\\_fi\\_2015\\_0.pdf](https://www.konecranes.com/sites/default/files/download/konecranes_kriittisyysanalyysi_fi_2015_0.pdf)

Opetushallinto (n.d.) Mitä on Kunnossapito. Haettu osoitteesta: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_1-1\\_mita\\_on\\_kunnossapito.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html)

Opetushallinto (n.d.) Kunnossapidon käsitteet ja määritelmät. Haettu osoitteesta: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet\\_2-1\\_kunnossapidon\\_kasitteet\\_ja\\_maaritelmat.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html)

Quant(30.11.2021) Kunnanvalvonta ennakoi ja estää tuotannon pysähdykset. Haettu osoitteesta: [https://www.quantservice.com/fi/news/kunnanvalvonta-ennakoi-ja-estaa-tuotannon-pysahdykset/?gclid=CjwKCAjws7WkBhBFEiwAl1680demtHY-qjzWoZ2AgjRJeeV5HuxzKmzIqLj75RoOzoRO1OwY8EmbtXoCZ4oQAvD\\_BwE](https://www.quantservice.com/fi/news/kunnanvalvonta-ennakoi-ja-estaa-tuotannon-pysahdykset/?gclid=CjwKCAjws7WkBhBFEiwAl1680demtHY-qjzWoZ2AgjRJeeV5HuxzKmzIqLj75RoOzoRO1OwY8EmbtXoCZ4oQAvD_BwE)

Kunnossapito. Jorma Järviö 2006

Kunnossapito tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. Jorma Järviö. 2012

PSK standardi (2008) Psk6800. Haettu osoitteesta: [https://psk-standardisointi-fi.lil-lukka.samk.fi/wp-content/uploads/psk6800\\_liitteinen.pdf](https://psk-standardisointi-fi.lil-lukka.samk.fi/wp-content/uploads/psk6800_liitteinen.pdf)

PSK standardi (2006) Psk 5705 Haettu osoitteesta: [Microsoft Word - PSK5705.doc \(samk.fi\)](https://www.samk.fi/psk5705.doc)

Kuntoon perustuva kunnossapito. KP-Media. 2009

Koneenasennus ja kunnossapito. Tapani Ansaharju. 2009