

Jani Orava

KEINOJA JVL 2:N KÄYTTÖVARMUUDEN KEHITTÄMISEKSI

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty Raahessa 1.1.2012–10.4.2012. Työn toimeksiantaja on Rautaruukki Oyj. Opinnäytetyön valvojana toimi Rautaruukilta Sami Pengerkoski ja ammattikorkeakoulun puolelta ohjaajana toimi Kari Penson. Heille kuuluu erityiskiitos kaikesta opinnäytetyöhön liittyvästä opastamisesta.

Haluan kiittää niitä Raahen tehtaan terässulaton käytön, kunnossapidon ja kehityksen toimihenkilöitä, jotka ovat antaneet oman panoksensa työhön. Lisäksi kiitos kuuluu niille mekaanisen ja sähköisen kunnossapidon työntekijöille, jotka ovat antaneet työhön liittyviä asiantuntevia ohjeita ja neuvoja. Kiitän myös kaikkia niitä henkilöitä, jotka ovat jollain tavalla olleet apuna työni valmistamisessa. Ilman edellä mainittuja henkilöitä tämän opinnäytetyön tekeminen ei olisi onnistunut.

Tämän opinnäytetyön tekeminen perehdytti tekijänsä käyttövarmuuteen liittyviin käsitteisiin ja toimintamalleihin sekä käyttövarmuuden kehittämisen keinoihin. Työtä tehtiin suurimmaksi osaksi omatoimisesti, mutta myös henkilöstön kanssa yhteistuumin, etenkin ongelmallisissa tilanteissa. Yhteistyö teki työn tekemisestä mielekästä ja mielenkiintoista, vaikka se välillä olikin varsin haastavaa. Opinnäytetyön tekeminen antoi hyvää oppia mahdollisia tulevia suunnittelu- ja kehitystehtäviä ajatellen.

Raahessa 3.4.2012

Jani Orava

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Raahen tekniikan ja talouden yksikkö
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotanto- ja metallitekniikka

Tekijä: Jani Orava

Opinnäytetyön nimi: Keinoja JVL 2:n käyttövarmuuden kehittämiseksi

Työn ohjaajat: Sami Pengerkoski, Kari Penson

Työn valmistuslukupäivä ja -vuosi: Kevät 2012

Sivumäärä: 53 + liitteet 5 kpl

Tämä opinnäytetyön toimeksiantajana on toiminut Rautaruukki Oyj. Työ on tehty Rautaruukin Raahen tehtaan terässulaton jatkuvavalulaitos 2:lle. Työn tavoitteena oli löytää sellaisia kehitystoimenpiteitä ja keinoja, joiden toteuttaminen voisi parantaa käyttövarmuutta jatkuvavalulaitos 2:n alueella. Näitä keinoja etsittiin kriittisyysanalyysin, vikapuuanalyysin ja kunnossapitojärjestelmän historiatietojen avulla.

Kriittisyysanalyysissä pisteytettiin asiantuntijaryhmän avustuksella jatkuvavalulaitos 2:n tärkeimmät laitteet ja järjestelmät kriittisyysjärjestykseen PSK 6800 -standardin mukaisesti. Vikapuuanalyysi tehtiin alueen kriittisimmälle laitteelle, kaasuleikkauskoneelle. Vikapuuanalyysissä luotiin vikapuu, jossa otettiin huomioon kaikki ne tekijät komponenttitasolle saakka, jotka aiheuttavat kaasuleikkauskoneen vikaantumisen. Laitteen vikaantumisen juurisyyille arvioitiin keskimääräinen vikaantumisaika, keskimääräinen toipumisaika, henkilöresurssien määrä ja niiden kustannukset sekä kiinteät kustannukset. Tämän jälkeen suoritettiin simulointi, jonka tuloksena saatiin selville kaasuleikkauskoneen käytettävyys, siihen vaikuttavat tekijät sekä kustannusten suuruus. Lisäksi hyödynnettiin ARTTU-kunnossapitojärjestelmän työhistoriatietoja keräämällä järjestelmästä työmääriä, niiden raportointeja ja analysoimalla töiden tilannetta. Asiantuntijoiden ammattitaitoa hyödynnettiin myös opinnäytetyössä.

Kriittisyysanalyysin tuloksena saatiin laitteet ja järjestelmät kriittisyysjärjestykseen. 22 laitetta ylittivät kriittisyyden raja-arvon 1400. Näitä olivat kaasuleikkauskoneet, sektiot ja kokillit, nosturit N122, N123 ja N162, lisäveden humuksenpoistojärjestelmä, välisenkan lämmitysasemat ja luistinsulkimen hydraulikkajärjestelmät. Vikapuuanalyysin perusteella kriittisimmän laitteen, kaasuleikkauskoneen, käytettävyydeksi saatiin 99,2 %.

Analyysien tulosten ja kunnossapitojärjestelmän tietojen pohjalta pohdittiin keinoja, joiden toteuttaminen voisi parantaa käyttövarmuutta. Huomattiin, että kunnossapitojärjestelmän käyttäminen ei ole toivotulla tasolla ja töiden kirjaamiseen ja raportointiin tulisi kiinnittää enemmän huomiota. Resursseja tulisi kohdistaa tuotannon kannalta kriittisimmille laitteille ja järjestelmille ja sinne, missä vikoja eniten tapahtuu. Analyysistä on suositeltavaa päivittää aika ajoin niiden luotettavuuden säilymisen vuoksi.

Asiasanat: Jatkuvavalulaitos 2, kriittisyysanalyysi, vikapuuanalyysi, käyttövarmuus, kunnossapito, kriittisyys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering, Production and Metal Technology

Author: Jani Orava

Title of thesis: The Methods for Improving the Reliability of the Continuous Casting Plant 2

Supervisors: Sami Pengerkoski, Kari Penson

Term and year of completion: Spring 2012

Number of pages: 53 + appendices 5

This Bachelor's thesis was commissioned by Rautaruukki Corporation's Raahe Works. The aim was to find methods and measures of development, whose implementation could improve and develop the reliability of the steel mill's continuous casting plant 2. This was carried out by conducting a criticality analysis and a fault tree analysis and examining the data in the maintenance information system.

The criticality analysis was made with the help of a group of experts, and it involved giving points to the most important devices and systems of the continuous casting plant 2 according to the PSK 6800 standard. Based on these points, the devices and systems were arranged according to their degree of criticalness. The fault tree analysis was conducted on the most critical device on the plant, the gas cutting machine. In the fault tree analysis, a fault tree model was created, which covered all the possible factors down to the component level that might cause the failure of the gas cutting machine. For the root reasons of the failure, the average time to failure, the average recovery time, the amount of human resources needed and their cost and the fixed costs involved were evaluated. After that, a simulation was conducted, the results of which revealed the usability of the gas cutting machine, the factors that have an effect on the usability and the amount of costs. In addition, the past work data of the information processing system of maintenance, ARTTU, was utilized by retrieving data on workloads and their reporting, and by analyzing the current situation of the works. The professional knowledge of industry experts was also utilized in the thesis.

The results of the criticality analysis revealed the criticality order of the devices and systems. 22 devices exceeded the limit value of criticalness, 1400. These devices included gas cutting machines, sections and cast iron moulds, cranes N122, N123 and N162, the system for removing humous from excess water, the heating units for tundish and the hydraulic systems for valve justification. According to the fault tree analysis, the usability of the most critical device, the gas cutting machine, is 99.2 %.

Based on the results of the analyses and the data on the maintenance information system, the measures to develop the reliability were considered. It was noticed that the use of the maintenance information system is not yet at the desired level and that more attention should be paid on recording and reporting the works. Resources should be allocated both to the devices and systems which have the most critical effect on production and which have the largest number of failures. Updating the analyses from time to time is recommended in order to maintain their reliability.

Keywords: Continuous casting plant 2, criticality analysis, fault tree analysis, reliability, maintenance, criticality

SISÄLLYS

ALKULAUSE	2
SISÄLLYS	5
LYHENTEET JA MERKINNÄT	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tutkittavan kohteen tilanne	8
1.2 Tutkimuksen ongelmat ja rajaukset	8
1.3. Tutkimuksen tavoitteet	9
1.4 Tutkimusmenetelmät	9
2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ	10
2.1 Rautaruukki Oyj	10
2.2 Raahen terästehdas	11
2.3 Terässulatto	12
2.4 Jatkuvalululaitos	13
2.5 Jatkuvalululaitos 2	15
3 KUNNOSSAPITO	16
3.1 Kunnossapidon määrittely	16
3.2 Vikaantuminen	17
3.3 Kunnossapitolajit	17
3.3.1 Huolto	18
3.3.2 Ehkäisevä kunnossapito	19
3.3.3 Korjaava kunnossapito	19
3.3.4 Parantava kunnossapito	20
3.3.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	20
3.4 Kunnossapitostrategiat	21
3.4.1 TPM	23

3.4.2 RCM	24
3.5 Kunnossapidon vaikutus yrityksen toimintaan	25
4 KÄYTTÖVARMUUS	27
4.1 Toteutuneen tuotannon määrä	27
4.2 Käyttövarmuus	27
5 JVL 2:N KUNNOSSAPITOTOIMINNOT	31
5.1 JVL 2:n kunnossapitotyöt	31
5.2 Ennakkohuoltotyöt	37
6 KRIITTISYYSANALYYSI	42
6.1 Kriittisyysanalyysin suorittaminen	43
6.2 Kriittisyysanalyysin tulokset	43
7 VIKAPUUANALYYSI	46
7.1 ELMAS-työkalu	46
7.2 Vikapuuanalyysin suorittaminen ja simulointi	47
8 POHDINTA JA JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET	50
9 YHTEENVETO	52
LÄHDELUETTELO	53
LIITTEET	55

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ASSET MANAGEMENT:	Käyttöomaisuuden hallinta
CAS-OB:	Composition Adjustment by Sealed argon bubbling and Oxygen Blowing
EH:	Ennakkohuolto
ELMAS:	Event logic Modeling and Analysis Software
KO KKP PU/KOMP:	Korjaamon kenttäkorjauspalvelun pumppu-/kompressorihuolto
JVK:	Jatkuvavalukone
JVL:	Jatkuvavalulaitos
N122:	Nosturi nro 122
N123:	Nosturi nro 123
N162:	Nosturi nro 162
PSK:	Prosessiteollisuuden StandardoimisKeskus
RCM:	Reliability Centered Maintenance (luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
RTF:	Run To Failure (käytetään siihen saakka, kunnes kone vikaantuu)
SFS:	Suomen Standardisoimisliitto
SIX SIGMA:	Tilastotieteeseen pohjautuva laatujohtamisen työkalu
SRCM:	Streamlined RCM (virtaviivaistettu luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
TE MEK JV:	Terässulaton jatkuvavalulaitoksen mekaaninen kunnossapito
TE SÄ KUP:	Terässulaton sähkökunnossapito
TE NOST KUP:	Terässulaton nosturikunnossapito
TE MEK KONV:	Terässulaton konvertterialueen mekaaninen kunnossapito
TOP:	Vikaantumisen huipputapahtuma
TPM:	Total Productive Maintenance (kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito)

1 JOHDANTO

Terästeollisuuden tiukka kilpailutilanne ja epävarma maailmantaloudellinen tilanne asettavat yrityksille suuria haasteita. Toimitusvarmuus on yksi alan tärkeimmistä kilpailutekijöistä, ja sen parantamiseksi myös Rautaruukilla tehdään kovasti töitä. Hyvän toimitusvarmuuden perusedellytyksenä on tuotantoprosessin häiriötön toiminta, jota edesauttaa hyvällä tasolla oleva käyttövarmuus.

Käyttövarmuutta parantamalla parannetaan toimitusvarmuutta ja myös tuotannon kustannustehokkuutta. Näiden kahden tekijän parantaminen ovatkin koko Ruukki Metals-divisioonan tärkeimpiä strategisia tavoitteita. Tämän opinnäytetyön tarkoitus onkin auttaa parantamaan käyttövarmuutta jatkuvavalulaitos 2:n alueella.

1.1 Tutkittavan kohteen tilanne

Jatkuvavalulaitos 2 on merkittävässä roolissa koko Raahen terästehtaan tuotantoprosessin kannalta, joten on tärkeää, että laitteet ja järjestelmät toimivat alueella häiriöttömästi. Käyttövarmuutta pyritään parantamaan jatkuvasti koko tehtaan laajuisesti, myös jatkuvavalulaitos 2:n alueella. Vaikka jatkuvavalulaitos 2:n käyttövarmuus on yleisesti ottaen hyvällä tasolla, on kohteen käyttövarmuudessa silti parannettavaa.

1.2 Tutkimuksen ongelmat ja rajaukset

Yksi Ruukki Metalsin suurimmista ongelmista on heikko toimitusvarmuus, joka vaikuttaa negatiivisesti asiakaskantaan ja koko yrityksen imagoon. Tässä tutkimuksessa ongelmana on käyttövarmuus jatkuvavalulaitos 2:n alueella, jota parantamalla vaikutettaisiin myös toimitusvarmuuteen. Alueen käyttövarmuutta nostamalla vaikutetaan samalla koko tuotantoprosessin käyttövarmuuteen.

Raahen tehtaalla jatkuvavalulaitos jaetaan kahteen osaan. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan ainoastaan jatkuvavalulaitos 2:n toimintaa, sillä laitekanta laitosten välillä poikkeaa niin paljon, että opinnäytetyön laajuuden puitteissa tarkastelu on järkevää rajata ainoastaan toiselle jatkuvavalulaitokselle. Lisäksi tutkimuksessa tehtävä vikapuuanalyysi on rajattu koskemaan ainoastaan jatkuvavalulaitos 2:n kriittisintä laitetta tai järjestelmää, sillä koko aluetta käsittelevä vikapuuanalyysi on opinnäytetyön laajuuden puitteissa liian suuri käsite.

1.3. Tutkimuksen tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoite on löytää sellaisia kehitystoimenpiteitä ja keinoja, joiden avulla käyttövarmuutta voitaisiin parantaa jatkuvavalulaitos 2:n alueella. Tavoitteena on selvittää kriittisimmät laitteet ja järjestelmät, hyödyntää kunnossapitojärjestelmää ja suorittaa vikapuuanalyysi kriittisimmälle laitteelle tai järjestelmälle ja tämän pohjalta pohtia kehitystoimenpiteitä, joiden suorittamisella voisi olla vaikutusta käyttövarmuuden paranemiseen.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Työssä käytetään tutkimusmenetelminä standardin mukaista kriittisyysanalyysiä, ELMAS-ohjelmalla suoritettavaa vikapuuanalyysiä, kunnossapitojärjestelmän historiatatan hyödyntämistä ja ammattilaisten haastatteluja.

Kriittisyysanalyysissä pisteytetään JVL 2:n tärkeimmät laitteet ja järjestelmät PSK 6800-standardin mukaisesti. Tuloksena saadaan selville, mitkä laitteet ja järjestelmät ovat JVL 2:n alueella kriittisimpiä. ELMAS-ohjelman avulla tehdään vikapuuanalyysi JVL 2:n kriittisimmälle laitteelle tai järjestelmälle. Vikapuuanalyysissä selvitetään komponenttitasolle asti kaikki ne tapahtumat, jotka johtavat laitteen tai järjestelmän vikaantumiseen. Tämän jälkeen vikapuu simuloidaan, jonka tuloksena saadaan tilastollista tietoa laitteen tai järjestelmän käyttäytymisestä. ARTTU-kunnossapitojärjestelmää hyödynnetään kunnossapitohistoriaa ja ennakkohoito-ohjelmia tutkittaessa. Järjestelmästä kerätään ja käydään läpi kaikki JVL 2:n alueelle tehty kunnossapitotyöt vuodesta 2008 saakka. Lisäksi järjestelmästä löytyvät ennakkohoitotyöt ja niiden historiat käydään läpi kriittisten laitteiden osalta. Ammattilaisia haastatellaan ongelmallisissa ja haastavissa tapauksissa tarpeen mukaan.

2 TOIMINTAYMPÄRISTÖ

2.1 Rautaruukki Oyj

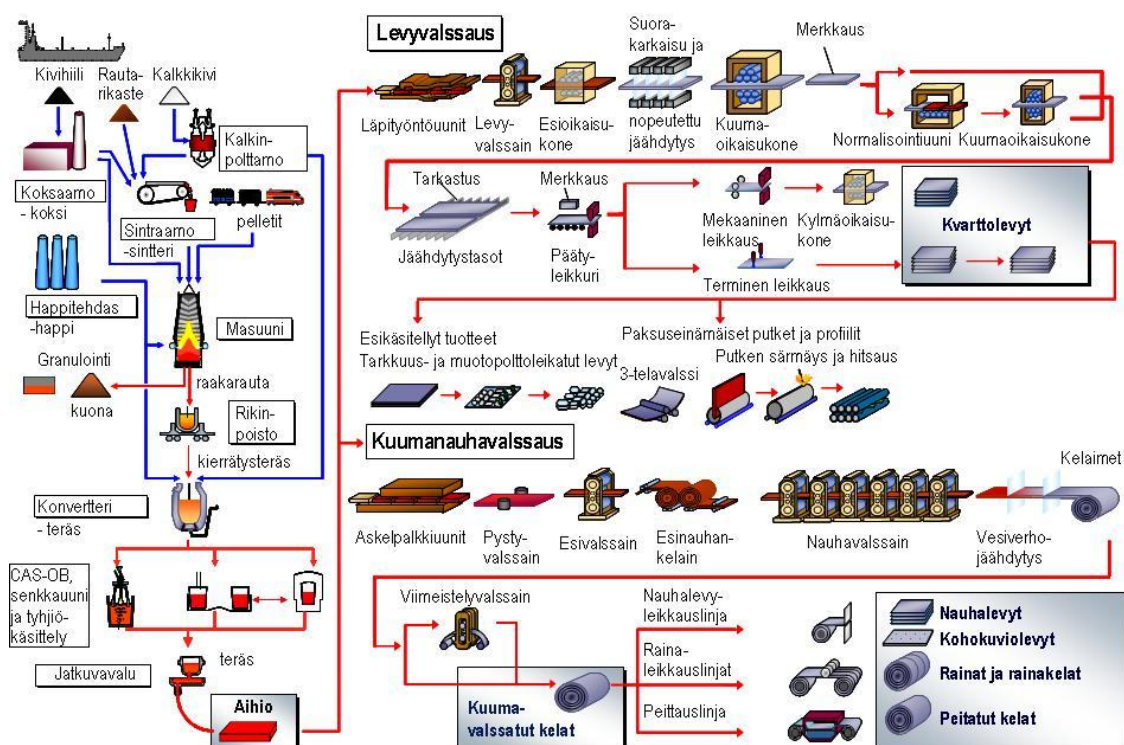
Rautaruukki on vuonna 1960 Raahessa perustettu yritys, joka toimittaa metalliin perustuvia komponentteja, järjestelmiä ja kokonaistoimituksia rakentamiseen ja konepajateollisuudelle. Yrityksen alkuperäinen tarkoitus oli kotimaisten malmivarojen hyödyntäminen sekä raaka-ainehuollon turvaaminen telakka- ja muussa metalliteollisuudessa. Rautaruukki kasvoi kuitenkin nopeasti 1970-luvulla laajentaen toimintaansa tuotannon jatkojalostukseen. Myöhemmin markkinat laajenivat läntiseen Eurooppaan. Uudistusten ja yritysostojen myötä yrityksen henkilöstömäärä kasvoi huimaa vauhtia. 1990-luvulle tultaessa Rautaruukin henkilöstömäärä oli jo liki 10000 henkeä. 1990-luvulla Rautaruukki kansainvälistyi voimakkaasti ja laajensi toimintaansa myös Itä-Eurooppaan. Rannilan yritysoston myötä myös rakentaminen tuli mukaan kuvioihin. 2000-luvulla yritys alkoi panostaa rakentamisen ja konepajateollisuuden ratkaisuihin. Terästuotannossa erikoisterästuotteille annettiin suurin painoarvo. (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 23.1.2012)

Vuonna 2004 Rautaruukki otti käyttöönsä brändinimen Ruukki. Ruukilla on nykypäivänä kolmiosainen konsernirakenne. Siihen kuuluvat Ruukki Construction, Ruukki Engineering ja Ruukki Metals. Ruukki Construction tarjoaa asiakkaille tehokkaita ja aikaa säästäviä teräsrakennusratkaisuja, Ruukki Engineering valmistaa asennusvalmiita järjestelmiä ja komponentteja konepajateollisuuden käyttöön ja Ruukki Metals on keskittynyt erikoisterästuotteiden valmistamiseen. Yrityksen liikevaihto vuonna 2011 oli noin 2,8 M€ ja sillä on toimintaa 27 eri maassa. (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 23.1.2012)

2.2 Raahen terästehtas

Raahen terästehtas on rakennettu vuonna 1960. Se on Rautaruukin tärkein terästuotantolaitos ja sinne on keskitetty sekä terästuotanto että kuumavalssattujen tuotteiden tuotanto (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 23.1.2012). Raahen tehdas on osa Ruukki Metals-divisioonaa, ja Raahen tehtaalla työskentelee omaa henkilöstöä noin 3100 henkilöä. Koko Ruukki Metals-divisioonassa henkilöstömäärä on noin 3900 henkilöä. Raahen tehdasalue on kooltaan noin 530 ha (Ahola 2010, hakupäivä 20.3.2012).

Alapuolella kuvassa 1 on esitetty Raahen terästehtaan tuotantoprosessi raaka-aineista aina valmiiksi tuotteiksi saakka. Teräksen valmistusprosessi alkaa masuuneilta (2 kpl), joissa sinne tuoduista raaka-aineista valmistetaan raakarautaa. Raakarauta seostetaan teräkseksi terässulatolla, jossa se myös valetaan teräsaihioksi. Terässulatolta aihiot siirtyvät valssaamolle, jossa valmistetaan lopputuotteiksi kuumanauha- tai levyvalssaustekniikalla levy- ja nauhatuotteita sekä esikäsiteltyjä levytuotteita. (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 4.1.2012)



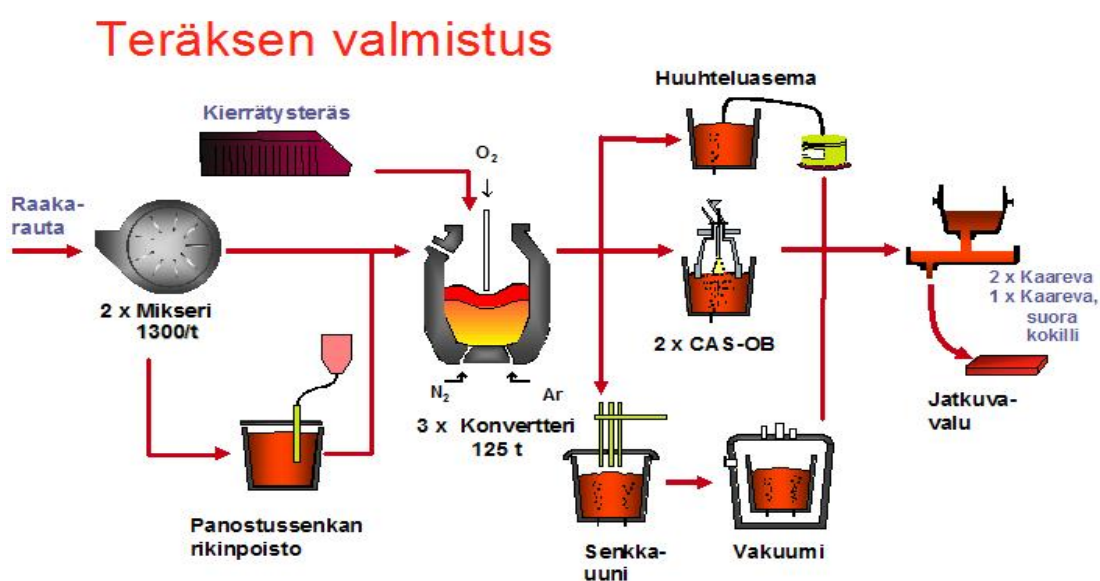
Kuva 1. Raahen tehtaan prosessikaavio (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 4.1.2012).

2.3 Terässulatto

Terässulatolla siis valmistetaan raakaraudasta asiakkaan tilauksen mukaista terästä. Raakarauta tuodaan vetureilla masuuneilta rikinpoistoon ja sieltä terässulatolle. Raakaraudasta poistetaan kuonaa ennen raudan kaatamista mikseriin. Terässulatolla on kaksi mikseriä, joihin raakarauta varastoidaan väliaikaisesti. Mikserin tehtävinä on tasata tuotantotahtia sekä raudan koostumusta ja lämpötilaa. Mikseristä rauta kaadetaan raakarautasenkkaan ja viedään tarkempaan rikinpoistoon. Tämän jälkeen raakarauta panostetaan konvertertiin, joita terässulatolla on kolme.

Konvertteriin panostetaan teräsromua ja raakarauta, sekä lisätään seosaineita. Näin syntyy terästä, joka kaadetaan terässenkkaan ja kuljetetaan terässenkkaavaunulla jatkokäsittelyyn. Teräs viedään jatkokäsittelyyn joko senkkauunille ja vakuumille tai suoraan CAS-OB-asemalle riippuen valmistettavasta teräslaadusta. CAS-OB-aseamalla teräkselle tehdään lopullinen jälkitäsmäys. CAS-OB on prosessi, joka mahdollistaa kaasuhuuhtelun lisäksi teräksen seostuksen, lämmityksen ja alumiinin poiston.

Kun teräs on käsitelty, siirretään se jatkuvavalulaitokselle. Jatkuvavalulaitoksella teräs valetaan esiaihioksi. Esiaihi jatkaa kulkuaan aihiohalliin, joka toimii myös välivarastona. Aihiohallissa aihio jäähdytetään ja siitä poistetaan tarvittaessa vetyä. Mahdolliset ulkoiset valuvirheet myös poistetaan. Tämän jälkeen ahiot jatkavat matkaansa valssaamolle jatkokäsittelyyn.

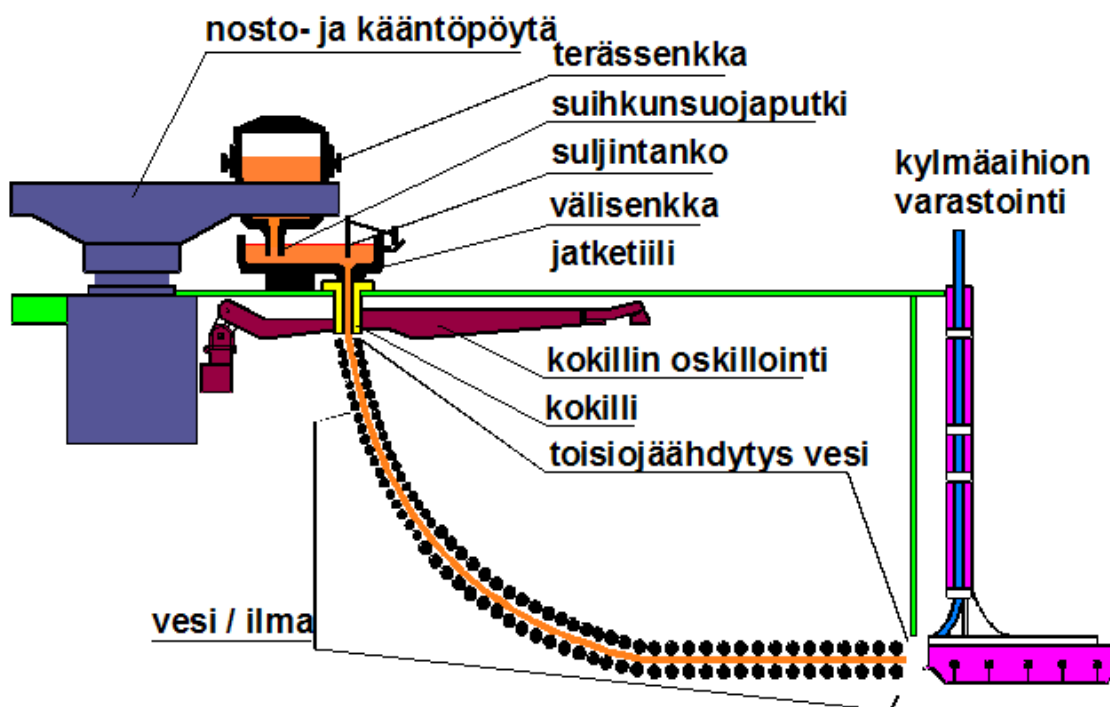


Kuva 2. Terässulaton prosessikaavio (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 4.1.2012).

2.4 Jatkuvavalulaitos

Jatkuvavalulaitoksella sulaa teräs siis valetaan kiinteäksi esiaihioksi jatkuvavalumenetelmällä. Terässenikka lasketaan nosturilla kääntyvälle terässenikkapöydälle. Sulaa teräs valutetaan suihkunsuojaputken kautta välisenikkaan, joka toimii välialtaana terässenikan ja kokillin välissä.

Kaareva jatkuvavalukone



Kuva 3. Kaareva jatkuvavalukone (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 4.1.2012).

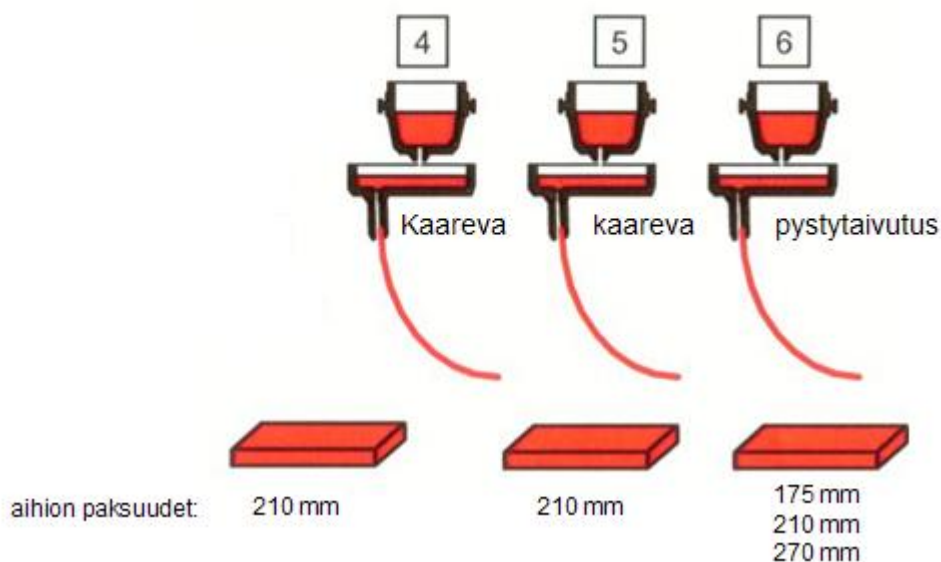
Välisenikasta sulaa terästä lasketaan jatketiiltä pitkin kokilliin. Kokilli on kuparipintainen valumuotti, joka määrittää aihion muodon. Ennen valun aloittamista valukoneeseen syötetään kylmäaihio, joka sulkee kokillin pohjan. Kylmäaihio on apuna, kun kokillin täyttymisen jälkeen valunauhaa aletaan vetää kokillin läpi. Kokilliin syötetään valun aikana valupulveria, joka toimii voiteluaineena valunauhan ja kokillin seinien välissä. Valupulveri toimii myös lämmönsiirron tasaajana sekä estää hapettumista. Valunauhan tarttumista kokillin seiniin estetään myös liikuttamalla kokillia pystysuunnassa edestakaisin. Tätä sanotaan oskilloinniksi.

Valunauha ohjautuu kaarevasti valukoneen sektioiden lävitse. Valukoneessa on 14 sektiota, joiden rullat ohjaavat valunauhaa ja tukevat sen muotoa. Rullia ja valunauhaa jäähdytetään sekä vedellä että ilmalla.

Valun jälkeen valunauha siirtyy rullarataa pitkin polttoleikkauskoneelle. Valunauha leikataan halutun mittaiseksi ahioksi. Tämän jälkeen aihioon tehdään valmistusmerkinnät merkkaukoneella, aihio punnitaan ja siirretään aihiovaunun avulla aihiohalliin.

Terässulatolla jatkuvavalulaitos jaetaan kahteen kokonaisuuteen (JVL 1 ja JVL 2). Liitteessä 1 on terässulatolteen pohjakuva, johon on rajattu jatkuvavalulaitos 1 ja jatkuvavalulaitos 2 punaisella värillä. JVL 1:lla on yksi valukone, JVK 6. JVK 6 on pystytaivutustyyppinen valukone ja se on ominaisuuksiltaan monipuolisempi, kuin JVL 2:n valukoneet. Myös JVL 1:n laitekanta poikkeaa JVL 2:n laitekannasta niin paljon, että tämä opinnäytetyö on sen vuoksi rajattu käsittelemään ainoastaan JVL 2:n toimintaa.

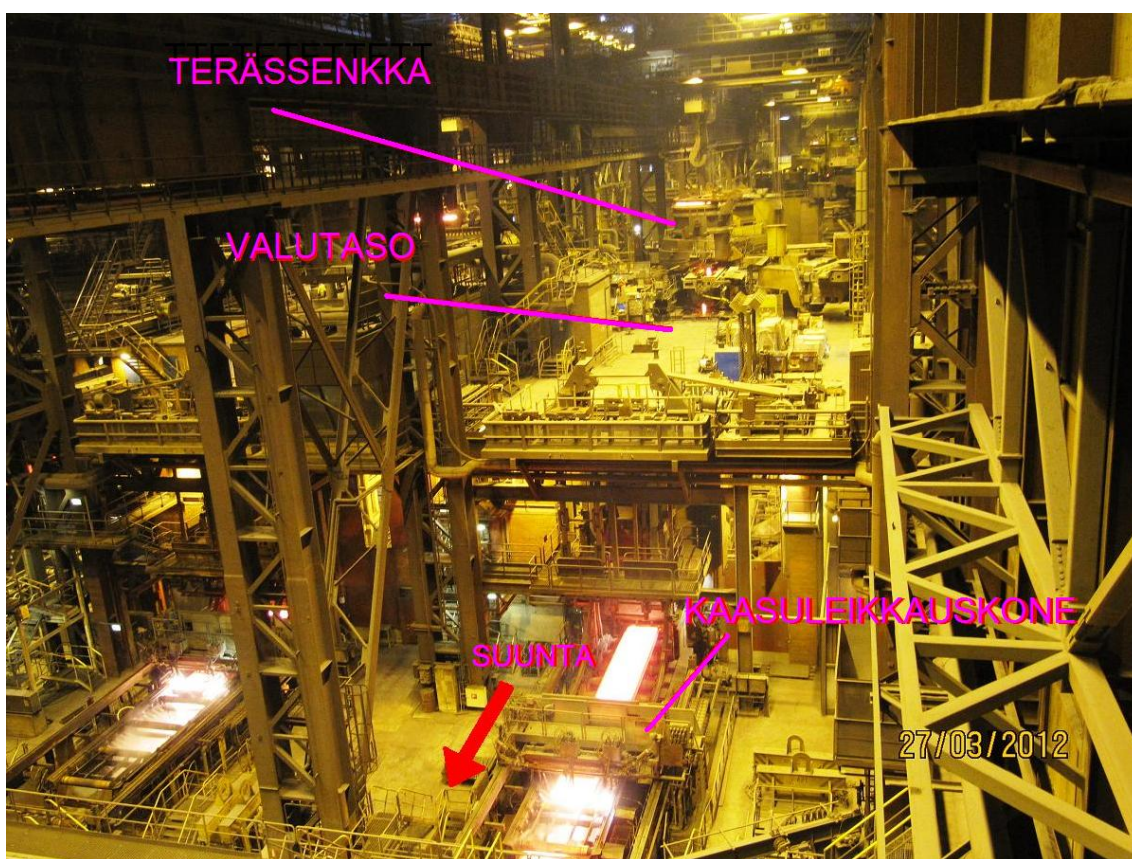
Jatkuvavalukoneet



Kuva 4. Jatkuvavalukoneet 4, 5 ja 6 (Ruukki Oyj 2012, hakupäivä 4.1.2012).

2.5 Jatkuvalulaitos 2

Tässä opinnäytetyössä keskitytään siis erityisesti JVL 2:n käyttövarmuuden kehittämiseen. JVL 2 käsittää kaksi identtistä valukonetta, JVK 4 ja JVK 5. Ne ovat tyypiltään kaarevia yksinauhaisia sarjavalukoneita eivätkä ominaisuuksiltaan niin monipuolisia kuin JVK 6. Näillä kahdella valukoneella voi valaa ainoastaan yhtä aihionpaksuutta, 210 mm, kun taas JVK 6 kykenee 175 mm, 210 mm ja 270 mm aihionpaksuuksiin. Lisäksi koneiden valunopeus on JVK 6:sta hieman hitaampi, maksimissaan 1,75 metriä minuutissa. JVK 6:lla pystyy valamaan samaa aihionpaksuutta 1,8 m/min. JVK 4:lla ja JVK 5:lla valmistetaan etupäässä nauha-aihoita.



Kuva 5. Kuva JVL 2:n alueelta.

Kuvassa 5 näkyy tehdaskuvaa jatkuvalulaitos 2:n alueelta. Kuvan etualalla kaasuleikkauskone on juuri leikkaamassa valunauhaa esiaihioksi valun ollessa samanaikaisesti käynnissä. Ylhäällä valutasolla terässenkka on laskettu nosturilla terässenkan nosto- ja kääntöpöydälle, josta senkka valuttaa sulaa terästä välisenkan kautta kokilliin. Ylhäällä teräs on siis sulaa ja alhaalla jo kiinteää.

3 KUNNOSSAPITO

Kunnossapito on viime vuosina kehittynyt valtavasti. Ajattelumalli pelkästä vikojen korjauksesta on laajentunut käyttöomaisuuden tuottokyvyn ylläpitämiseen ja säilyttämiseen. Vikojen korjaamisen sijaan pääpaino on keskitetty entistä enemmän vikojen ennaltaehkäisyyn. Koneiden ja laitteiden yhteyteen on jatkuvan kehittymisen myötä alettu liittää muutakin kuin pelkkään koneen toimintaan liittyvää tekniikkaa. Kunnonvalvontalaitteilla saadaan tietoa, jonka avulla koneen toimintaa ja luotettavuutta voidaan ennustaa. Jatkuvasti kehittyvän tekniikan myötä myös kunnossapitajilta vaaditaan entistä enemmän ammattiosaamista. (Järviö 2006, 9)

Kunnossapidolla vaikutetaan tuotannon käyntitehokkuuden ja tuotantokyvyn myötä yrityksen kannattavuuteen. Kunnossapito on myös yrityksen talouden merkittävä kustannustekijä. Edullisuuden ja tehokkuuden edistämiseksi on kehitetty kunnossapitostrategioita, joiden avulla kunnossapitoa saadaan keskitettyä ja hallittua paremmin. (Järviö 2006, 9)

3.1 Kunnossapidon määrittely

Standardin SFS-EN 13306 mukaan kunnossapito on määritelty seuraavasti:

"Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon." (Järviö 2006, 14)

Standardi PSK 6201 määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

"Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana." (Järviö 2006, 14)

3.2 Vikaantuminen

Vikaantumisen tapahduttua päättyy kohteen kyky suorittaa tietty toiminta, eli kohteeseen aiheutuu vikatila. Vikatilassa kohde on kykenemätön suorittamaan vaadittava toiminto. Vaadittava toiminto voi joko puuttua kokonaan, tai se ei ole määrällisesti ja laadullisesti hyväksyttävä. Ehkäisevän kunnossapidon puutteen, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen puutteen tai ulkoisten resurssien puutteen vuoksi johtuvaa toimintakyvyttömyyttä ei lasketa vikatilaksi. (Järviö 2006, 30)

Kunnossapitostrategia RCM:n asiantuntija John Moubrayn mukaan vikaantumista esiintyy siten, että ennustettavissa olevia vikoja on 10–20%, oireiden perusteella ajoissa löydettävissä olevia vikoja on 30–40% ja loput ovat sellaisia vikoja, joita ei voida ennakoida. Tämän perusteella oikealla kunnossapidolla voidaan vaikuttaa suuresti vikojen vähenemiseen. (Järviö 2006, 54)

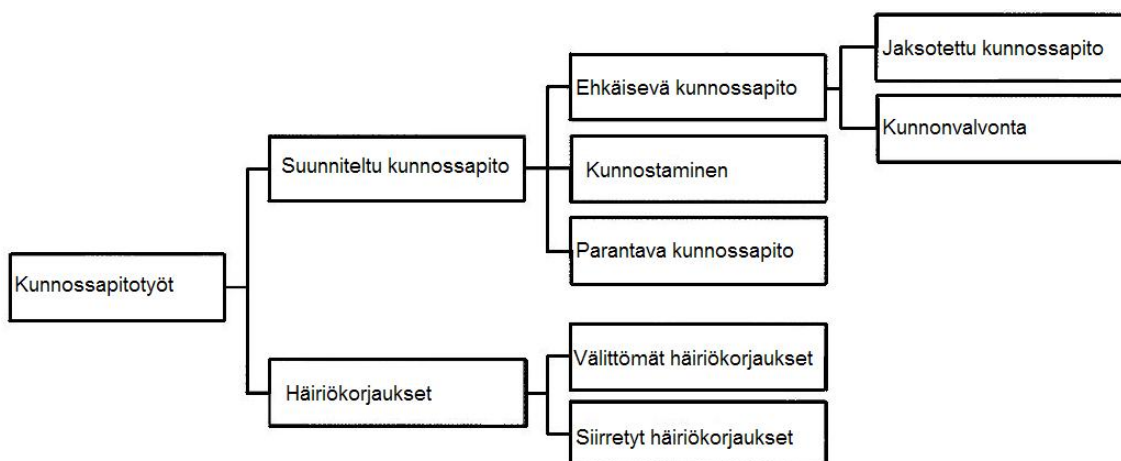
Syitä vikaantumiselle on olemassa useita. Yksi syy on se, ettei laitteita käytetä oikealla tavalla. Se voi johtua siitä, ettei oikeita tapoja tunneta tai suhtautuminen on väärä. Ammattitaidon riittämättömyys voi olla myös syy vikaantumiseen. Tarkastuksissa ei välttämättä huomata oirehtivia vikoja, vian oireita tulkitaan väärin, sekä laitetta saatetaan käyttää tai kunnossapitää väärin. Laitteen ikääntymisestä johtuva toimintakyvyn heikkeneminen voi myös olla syynä vikaantumiselle. Heikkenemistä ei välttämättä havaita tai korjata, tai sitten se havaitaan ja hyväksytään. Laitteen käyttöolosuhteet voivat aiheuttaa vikaantumisen. Kun käyttöolosuhteet eivät ole optimaaliset, voi esimerkiksi liika aiheuttaa lämpenemistä tai estää liikkumista. Laitteen suunnittelukin voi aiheuttaa vikaantumisen, jos siinä ei ole huomioitu riittävästi koneen todellista käyttöä tai käyttöolosuhteita. (Järviö 2006, 55)

3.3 Kunnossapitolajit

Yleisesti ottaen kunnossapitotoiminnassa on viisi tunnistettavaa päälajia:

- huolto
- ehkäisevä kunnossapito
- korjaava kunnossapito
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen. (Järviö 2006, 41)

Standardit jaottelevat kunnossapitolajit hieman toisistaan poikkeavasti. Alapuolella on esimerkki standardin PSK 7501 jaosta. Tämä standardi tarkastelee lajien jaottelua sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön.



Kuva 6. Kunnossapitolajit standardin PSK 7501 mukaisesti (Järviö 2006, 43).

Suunniteltuun kunnossapitoon kuuluu ehkäisevää kunnossapitoa, kunnostamista ja parantavaa kunnossapitoa. Ehkäisevä kunnossapito voi olla joko jaksotettua kunnossapitoa tai kunnonvalvontaa. Näitä kunnossapitotoimia suoritetaan suunnitellusta käynnin tai kunnossapitoseisokin aikana. Häiriökorjaukset ovat puolestaan häiriöseisokin aikana suoritettavia toimintoja. Häiriökorjaukset yleensä aiheuttavat tuotantokatkoksen. Häiriökorjaukset voivat olla välittömiä korjauksia tai siirrettyjä korjauksia. (Järviö 2006, 43)

3.3.1 Huolto

Huoltojen tarkoitus on pyrkiä pitämään yllä kohteen käyttöominaisuuksia. Lisäksi huoltojen yhteydessä palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen todellisen vian tai vaurion syntymistä. Koneen tai laitteen määräaikaishuoltoon kuuluu tavallisesti muun muassa toiminnan tarkastaminen, puhdistaminen, voitelu, yleishuolto, kalibrointi, kuluvien osien tarkastaminen/vaihto ja toimintakyvyn palauttaminen. (Järviö 2006, 44)

3.3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevään kunnossapitoon liittyy osittain samoja toimenpiteitä kuin huoltoon. Ehkäisevän kunnossapidon tehtäviä on seurata kohteen suorituskykyä ja sen myötä vähentää todennäköisyyttä vikaantumiselle tai toimintakyvyn heikkenemiselle. Ehkäisevää kunnossapitoa on muun muassa

- tarkastaminen
- kunnonvalvonta
- määräystenmukaisuuden toteaminen
- toimintakunnon tarkastaminen
- käynninvalvonta
- vikaantumistietojen analysointi. (Järviö 2006, 44–45)

Ehkäisevä kunnossapito on pääsääntöisesti säännöllistä ja suunniteltua toimintaa, jota tehdään sekä koneen käydessä että erilaisten seisokkien ja häiriöseisokkien yhteydessä. Kunnonvalvonnalla etsitään oireilevia vikoja usein kohteen toimiessa, mutta sitä voidaan tehdä myös seisokkien aikana. (Järviö 2006, 66)

3.3.3 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on nimensä mukaisesti kohteen korjaamista ja kunnostamista. Kohteen esille tulleet viat korjataan ja kohde palautetaan toimintakuntoon (Ansaharju 2009, 299). Korjausta edeltävät kohteeseen tulleen vian syntyminen ja sen havaitseminen. Vika voi ilmetä esimerkiksi kohteen pysähtymisenä, käynnin heikkenemisenä, ylimääräisinä ääнинä, kuumenemisena tai vuotoina (Ansaharju 2009, 307).

3.3.4 Parantava kunnossapito

Parantavaa kunnossapitoa tarkasteltaessa on syytä jaotella kunnossapitotoimet kolmeen ryhmään.

1. Kohdetta modernisoidaan siten, että rakennetta voidaan muuttaa käyttämällä esimerkiksi uudempia osia, mutta itse kohteen suorituskyky ei muutu.
2. Kohdetta uudelleen suunnitellaan tai korjataan siten, että tavoitteena on kohteen toiminnan luotettavuuden lisääminen, eikä suorituskyvyn muuttaminen.
3. Kohdetta modernisoidaan siten, että myös suorituskyky muuttuu. Usein kohteen modernisoinnin myötä uudistuu myös valmistusprosessi. (Järviö 2006, 45)

3.3.5 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisellä on tarkoitus saada selville perussyyn vikaantumiselle ja myös koko vikaantumisprosessi. Saatavien tulosten perusteella voidaan suorittaa toimenpiteitä, joiden myötä vastaavan vahingon uusiutuminen estetään. Tavallisimpia menettelykeinoja ovat:

- vika-analyysi
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- perussyyn selvittäminen
- materiaalianalyysit
- suunnittelun analyysit
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset/riskihallinta. (Järviö 2006, 45–46)

Edellä mainittuja menetelmiä käytetään laajasti kaikessa kunnossapitotoiminnassa. Tässäkin opinnäytetyössä hyödynnetään vika-analyysiä ja selvitetään JVL 2:n kriittisimmän laitteen vikaantumisprosessia.

3.4 Kunnossapitostrategiat

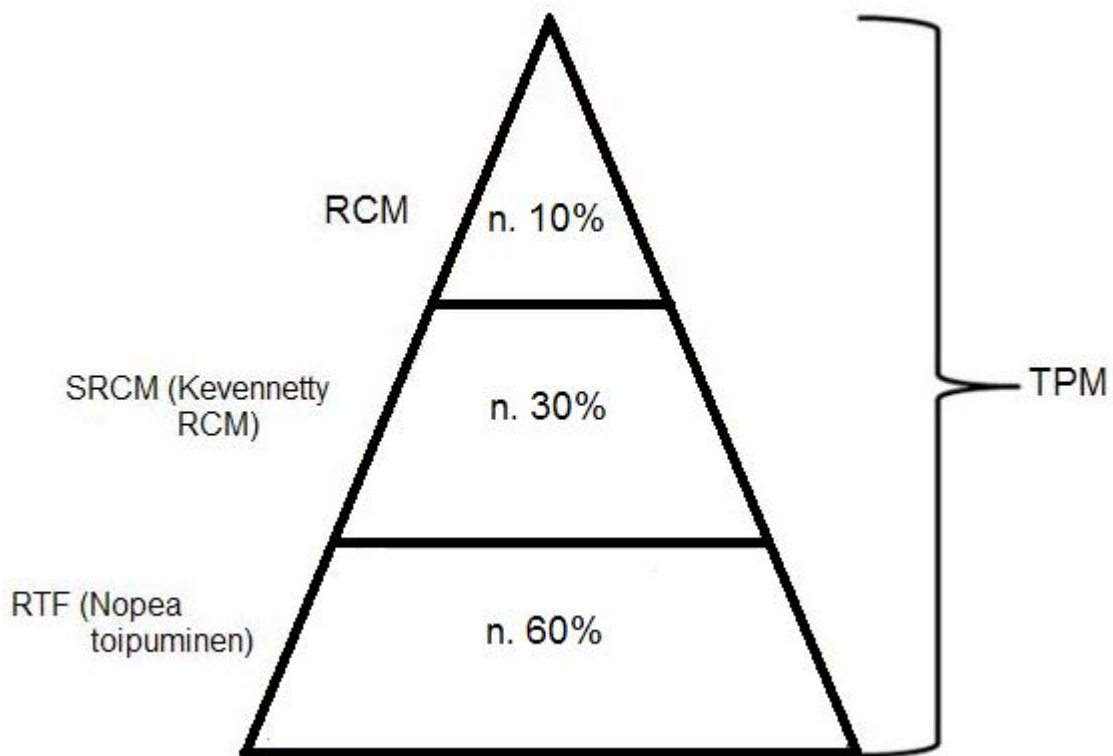
Viime vuosikymmenien aikana on kunnossapitoon kehitetty useita erilaisia toimintamalleja. Näistä merkittävimpiä ovat:

- Laatujohtannaiset strategiat
- TPM (Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito)
- RCM (Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito)
- SRCM (Streamlined RCM, "virtaviivaistettu" RCM)
- Asset Management (käyttöomaisuuden hallinta)
- Six Sigma. (Järviö 2006, 77)

Toimintamallit voidaan peruseriaatteidensa puolesta jakaa kolmeen eri kategoriaan. Laatujohtannaiset strategiat ja Six Sigma keskittyvät työtehtävien suorittamiseen mahdollisimman oikein ensimmäisestä kerrasta lähtien. TPM:n tavoite on motivoida käyttäjää huolehtimaan koneesta tai laitteesta ja rakentamaan yhteistyötä organisaation muiden osastojen kanssa. (Järviö 2006, 77)

RCM, SRCM ja Asset Management ovat toimintamalleja, jotka pyrkivät tehokkaiden kunnossapitostrategioiden valintaan. Tavallisesti yrityksellä on käytössä useita toimintamalleja ja kunnossapitostrategia on luotu näitä toimintakehyksiä painottamalla. (Järviö 2006, 77)

Alla on esimerkkikuva tavanomaisesta teollisen yrityksen toimivasta kunnossapitostrategiasta. Sen mukaan RCM:n työkaluilla laadittu kunnossapito-ohjelma kannattaa tehdä vain noin 10 prosentille teollisuuden kriittisimmistä ja/tai kalleimmista laitteista, sillä RCM on kallis menetelmä toteuttaa. Noin kolmannekselle laitteista on järkevää käyttää kevennettyä RCM:n versiota, sillä menetelmä on nopeampi ja halvempi. Lopuille laitteista kannattaa tehdä sellaiset toimintaohjeet, joita käytetään, kun laite rikkoontuu. TPM on strategiassa myös koko ajan läsnä, sillä kaikkien osallistuminen ja aktiivisuus yrityksen kannattavuuden lisäämiseksi sekä jatkuva parantaminen ovat onnistuneen kunnossapitostrategian peruslähtökohtia. (Järviö 2006, 77)



Kuva 7. Teollisen yrityksen onnistunut strategiavalinta. (Järviö 2006, 77).

3.4.1 TPM

TPM (Total Productive Maintenance, kokonaisvaltainen tuottava kunnossapito) on toimintamalli, joka tarkastelee kunnossapitoa yrityksen tuotantoprosessiin kuuluvana osana. Ajatuksena on, että kunnossapidon kehittämisen vastuu kuuluu koko organisaation henkilöstölle asemasta riippumatta. TPM:n tavoitteena on kasvattaa koneen, laitteen tai järjestelmän kokonaistehokkuutta maksimoimalla kaikkien yksittäisten osatekijöiden tehokkuus ja ylläpitää sitä. (Lapinleimu, Kauppinen, Torvinen 1997, 379)

TPM ei siis käsittele pelkästään vikoja, vaan pyrkii parantamaan kaikkia koneeseen tai laitteeseen liittyviä osatekijöitä. Koneita tai laitetta rajoittavia suurimpia tekijöitä voidaan mainita kuusi:

1. odottamattomat laiteviat
2. asetusajat ja säädöt
3. tyhjäkäynti ja pienet pysähdykset
4. alhaisen käyntinopeuden aiheuttamat menetykset
5. laatuvirheiden ja uusintatyön häviöt
6. käynnistysvaiheen aiheuttamat huonolaatuiset tuotteet. (Lapinleimu yms. 1997, 379–380)

Myös siisteys ja järjestys ovat TPM:n peruseriaatteita. 5S on TPM:ssä käytettävä työkalu siisteyden ja järjestyksen ylläpitämiseksi. 5S tulee viidestä japaninkielen verbistä (seiri, seiton, seiso, seiketsu ja shitsuke) ja se luo pohjan koko TPM-ohjelmalle (Järviö 2006, 80–91). Muita peruseriaatteita ovat muun muassa:

- vikojen tunnistaminen suunnitellulla ennakkohuollolla
- kunnossapidon jatkuva kehittäminen
- koneiden käyttäjien vastuu koneidensa perustoiminnasta
- kunnossapitohenkilöstön vastuu koneiden toiminnasta tarkemmissa ennakkohuolloissa ja monimutkaisten vikojen korjaamisessa
- kunnossapidon ongelmien ratkaisujen pohdita pienryhmissä. (Lapinleimu yms. 1997, 382)

3.4.2 RCM

RCM (Reliability Centered Maintenance, luotettavuuskeskeinen kunnossapito) on menetelmä, jonka avulla suunnitellaan kunnossapidettävän kohteen kunnossapito. Perinteinen ongelma kunnossapidossa on ehkäisevän kunnossapidon suunnittelu. Tämän seurauksena ehkäisevästä kunnossapidosta tavallisesti suuri osa on tarpeetonta. Esimerkkiongelmia ovat koneiden avaaminen ja purkaminen turhaan toimintakunnon havaitsemiseksi ja kunnossapidon kohdistamisen ongelma. Usein kunnossapitoa suunnataan liikaa sinne, missä sitä tarvitaan vähän, ja liian vähän sinne, missä todelliset tarpeet ovat. (Järviö 2006, 123)

RCM-menetelmän tarkoitus on korjata nämä epäkohdat. RCM aloittaa kunnossapidon suunnittelun selvittämällä, mitkä ovat ne prosessit, joissa kunnossapitoa eniten tarvitaan. Tämän jälkeen selvitetään, millaisia koneita ja laitteita prosessit käsittävät. Niiden vikaantumismekanismit selvitetään ja tämän myötä luodaan pohja oikeiden kunnossapitomenetelmien käytölle. Tuloksena saadaan oikeanlainen kunnossapito-ohjelma tarvittaessa koko tuotantolaitokselle. (Järviö 2006, 124)

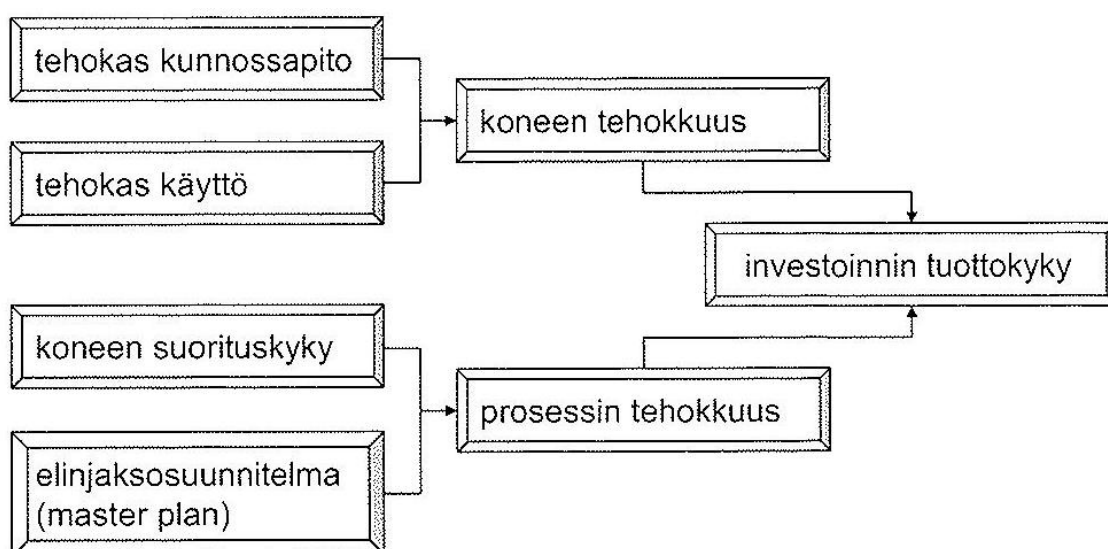
TPM:n ja RCM:n toimintaperiaatteet poikkeavat hieman toisistaan. TPM-menetelmässä aloitetaan kunnossapidollisesti vaikeimmasta kohteesta ja maksimoidaan sen tehokkuus. Seuraavaksi käsitellään toiseksi vaikein kohde ja jatketaan toimintaa järjestelmällisesti seuraaviin kohteisiin. RCM puolestaan tarkastelee kaikkia prosessin osia ja määrittelee niille kriittisyydet, jonka jälkeen vasta pohditaan kunnossapidon tarpeet. TPM:ssä vedotaan myös tiimityöskentelyyn ja kunnossapidon ja käytön yhteistyöhön, toisin kuin RCM:ssä. RCM rajautuu tiukasti kunnossapitotarpeen määrittämisen ja kunnossapitomenetelmien luomisen työkaluksi. Yleensä yritykset yhdistelevät näitä menetelmiä ja saavat sen myötä kehitettä sopivan kunnossapitostrategian. (Järviö 2006, 124)

Muuan muassa vikapuuanalyysi ja kriittisyysluokittelu ovat näiden menetelmien yhteydessä käytettyjä yleisimpiä työkaluja. Näitä työkaluja tullaan hyödyntämään myös tässä opinnäytetyössä.

3.5 Kunnossapidon vaikutus yrityksen toimintaan

Yritys hankkii itselleen käyttöomaisuutta, jonka avulla se valmistaa hyödykkeitä. Hyödykkeitä myymällä yritys maksaa kulunsa ja saa liikevoittoa. Käyttöomaisuuden käytön tehokkuus vaikuttaa olennaisesti yrityksen kannattavuuteen ja kilpailukykyyn. Yritys investoi käyttöomaisuuttaan muun muassa tuotantovälineisiin. (Järviö 2006, 12)

Tuotantovälineen tuottavuuteen vaikuttavat useat eri tekijät:

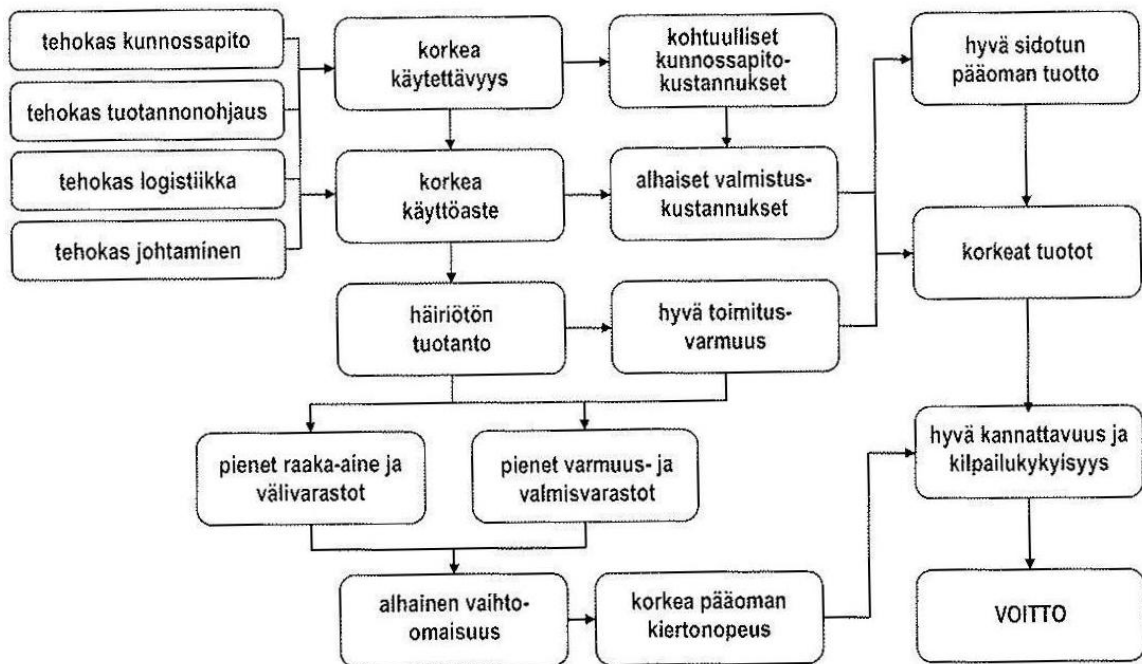


Kuva 8. Tuotantovälineen tuottavuuteen vaikuttavat tekijät (Järviö 2006, 13).

Kuten kuvasta 8 nähdään, kunnossapito vaikuttaa merkittävästi yrityksen kannattavuuteen. Tehokas kunnossapito lisää koneen, laitteen tai järjestelmän tehokkuutta, joka puolestaan parantaa investoinnin tuottokkykyä. Tämä vaikuttaa suoraan kannattavuuteen.

Tehokas kunnossapito tarkoittaa sitä, että kunnossapitäjät laativat koneelle, laitteelle tai järjestelmälle mahdollisimman järkevät kunnossapitostrategiat ja noudattavat niitä siten, että suorituskyky säilyy mahdollisimman hyvänä. Kun koneen, laitteen tai järjestelmän käyttäjien toiminta on vielä tehokasta ja asianmukaista, tulee koneen, laitteen tai järjestelmän toiminnallinen tehokkuus olemaan hyvä. Kun kone, laite tai järjestelmä on teknisiltä ominaisuuksiltaan kykenevä halutuille toiminnoille ja sille on laadittu elinjaksosuunnitelma, vaikuttaa se positiivisesti prosessin tehokkuuteen. Koneen, laitteen tai järjestelmän ja prosessin tehokkuus määräävät yhdessä tuotantovälineen tuottokyvyn. (Järviö 2006, 12)

Koska kunnossapito on yritysten suurin kontrolloimaton kustannuserä ja yleensä ottaen yksi suurimmista yritysten kustannuksista, on yrityksillä suuri haaste saada kunnossapito hallintaan ja kustannukset pysymään kontrollissa. Kunnossapito vaikuttaa yrityksen tuloksen muodostumiseen epäsuorasti ja vaikutusketju on melko pitkä. Sen tunteminen on kuitenkin ehdottoman tärkeää, jotta yritys pystyy selvittämään esimerkiksi kunnossapitopanostusten aikaansaamat tuotot. Seuraavassa kuvassa on esitetty kunnossapidon vaikutusketju yrityksen kannattavuuteen. (Järviö 2006, 20)



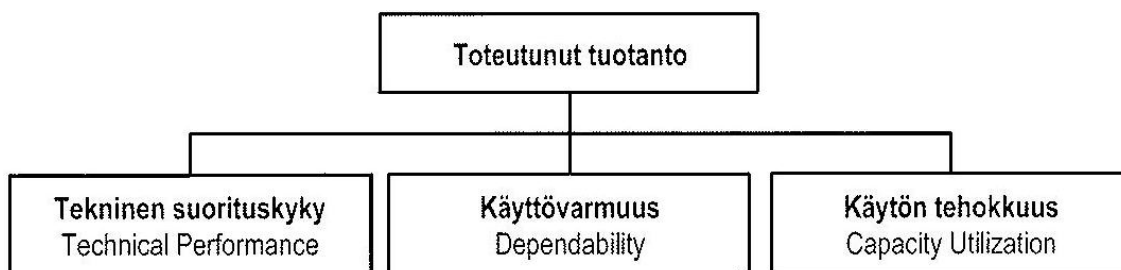
Kuva 9. Kunnossapidon vaikutus kannattavuuteen (Järviö 2006, 21).

Kuvan 9 mukaan tehokas kunnossapito on tärkeä osatekijä käytettävyyden ja käyttöasteen kasvamiselle, mikä johtaa valmistus- ja kunnossapitokustannusten pienenemiseen, toimintavarmuuden paranemiseen ja häiriöttömään tuotantoon. Tämän johdosta varastot pienenevät ja tuotot kasvavat, jonka myötä myös kannattavuus ja kilpailukykyisyys paranevat. Tämä johtaa saatavan voiton kasvamiseen.

4 KÄYTTÖVARMUUS

4.1 Toteutuneen tuotannon määrä

Kun ajatellaan tuotantolaitoksen tehokkuutta kunnossapidon näkökulmasta, voidaan sitä mitata toteutuneen tuotannon määrällä. Koneen, laitteen tai järjestelmän tuottamaan tuotantoon vaikuttavat useat tekijät. Niitä ovat koneen tekninen suorituskyky, koneen käyttövarmuus ja koneen käytön tehokkuus. (Järviö 2006, 32)



Kuva 10. Koneen suorituskykyyn vaikuttavat tekijät (Järviö 2006, 31).

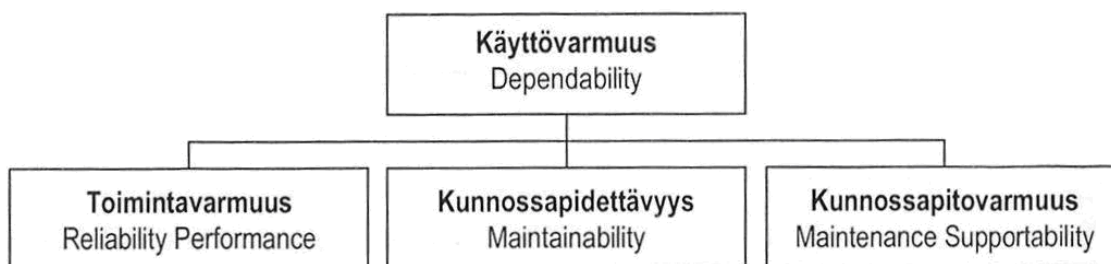
Koneen tekninen suorituskyky määrittelee, kuinka paljon kone pystyy tuottamaan valmistettavaa hyödykettä. Käyttövarmuus puolestaan määrittelee, kuinka paljon konetta pystytään käyttämään. Lisäksi se, kuinka tehokkaasti konetta käytetään, vaikuttaa suoraan toteutuneen tuotannon määrään. Koska tässä opinnäytetyössä keskitytään käyttövarmuuden parantamiseen ja kehittämiseen, on käyttövarmuuden käsitettä syytä käsitellä hieman tarkemmin.

4.2 Käyttövarmuus

PSK 6201 -standardin mukainen määrittely käyttövarmuudelle on seuraava:

"Käyttövarmuus on kohteen kyky olla tilassa, jossa se kykenee suorittamaan vaaditun toiminnon tietyissä olosuhteissa ja tietyllä ajan hetkellä tai tietyn ajanjakson aikana olettaen, että vaadittavat ulkoiset resurssit ovat saatavilla."
(Järviö 2006, 32)

Käyttövarmuus voidaan jaotella siihen vaikuttaviin tekijöihin alla olevan kuvan mukaisesti:



Kuva 11. Käyttövarmuuteen vaikuttavat tekijät (Järviö 2006, 32).

Toimintavarmuus

Toimintavarmuus tarkoittaa kohteen kykyä suorittaa vaadittava toiminto määrätyissä olosuhteissa vaadittavan ajan. Toimintavarmuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- konstruktio
- rakenteellinen kunnossapito
- asennus
- huolto
- käyttö
- varmennus. (Järviö 2006, 32)

Konstruktioon kuuluvat muun muassa koneen suunnittelun lähtötiedot, materiaalit, niiden mitoitus ja suunnitteluperiaatteet. Rakenteellinen kunnossapito tarkoittaa luoksepäästävyttä, vian etsinnän helppoutta ja korjauksen helppoutta, johon vaikuttaa muun muassa tekninen vaativuus ja turvallisuus. Asennukseen kuuluvat asennuksen teknisen suorittamisen lisäksi luovutus, käyttöopastus, kunnossapitosuunnitelmat ja dokumentaatiot. Huoltoon liittyvät sekä ennakoiva kunnossapito että huollon toteutus. Käyttöön liittyvät fyysisen kykeneväisyyden lisäksi koulutus ja motivaatio. Varmennukseen kuuluvat puolestaan saatavuus ja valintatapa. (Järviö 2006, 33)

Kunnossapidettävyys

Kunnossapidettävyys tarkoittaa kohteen ominaisuutta olla pidettävissä toimintakuntoisena tai olla palautettavissa toimintakuntoon määritellyissä käyttöolosuhteissa, jos kunnossapito suoritetaan määritellyissä olosuhteissa käyttäen vaadittuja menetelmiä ja resursseja. Kunnossapidettävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- vian havaittavuus
- huollettavuus
- korjattavuus. (Järviö 2006, 33)

Vian havaittavuuteen vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa vian osoittamismahdollisuus, testaukset ja automaattinen kunnonvalvonta. Huollettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi laitestandardisointi, luoksepäästävyys ja reititettävyys. Korjattavuuteen vaikuttavat dokumentaation saatavuus, varaosien saatavuus, kohteeseen päästävyys, purkaminen, standardityökalujen käyttö, kokoaminen, testaus, säätäminen, työturvallisuus ja raportointi. Toimintavarmuuden ja kunnossapidettävyyden raja on toisinaan häilyvä, joten monet käsitteet ovat jopa päällekkäisiä. (Järviö 2006, 33)

Kunnossapitovarmuus

Kunnossapitovarmuus on kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu toiminto tehokkaasti määrätyissä olosuhteissa vaaditulla ajanhetkellä tai ajanjaksona. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- hallinto
- rutiinit, systeemit
- dokumentaatiot
- korjausvarusteet
- varaosat, materiaalit
- kunnossapitäjät. (Järviö 2006, 34)

Hallinto, rutiinit ja dokumentaatiot vaikuttavat olennaisesti kunnossapitovarmuuteen. Hallinto käsittää muun muassa organisaation ja avainhenkilöt, ohjausjärjestelmät ja mittaristot ja tietojärjestelmät. Rutiineihin kuuluvat muun muassa yhteistyö ja tiedonsiirto käyttäjien ja kunnossapitäjien välillä sekä toimittajayhteistyö. Dokumentaatioon kuuluvat esimerkiksi piirustukset ja ohjeet, saatavuus ja ylläpito, sekä vikahistoriat. (Järviö 2006, 34)

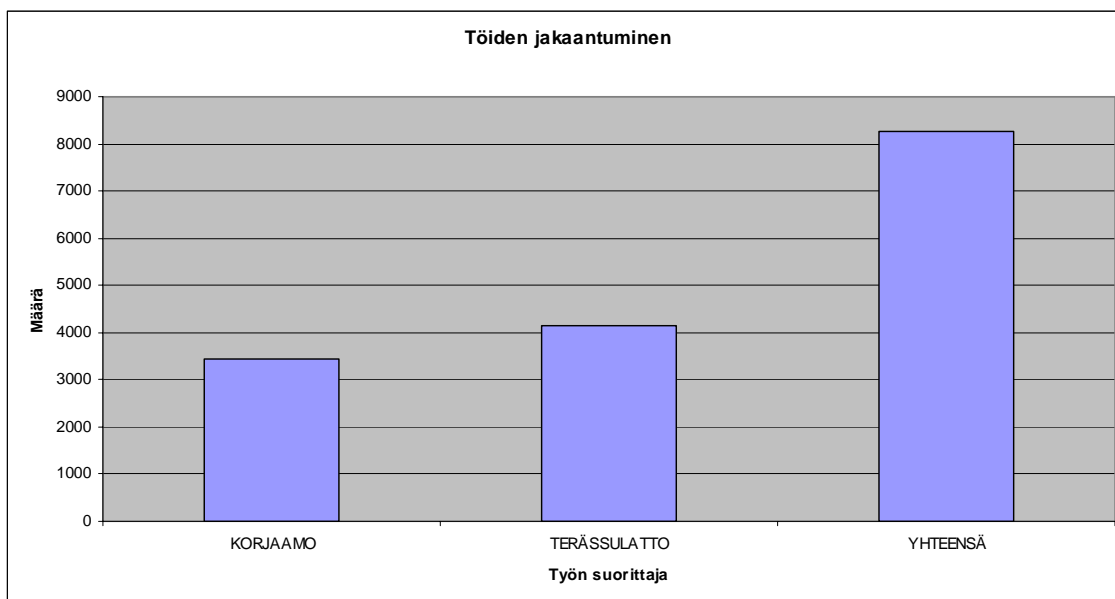
Myös korjausvarusteet kuuluvat olennaisena osana kunnossapitovarmuuteen. Korjausvarusteita ovat muun muassa vakiotyökalut, erilaiset koneet ja erikoistyökalut. Varaosat ja materiaalit ovat myös kunnossapitovarmuuden tekijöitä. Näihin liittyvät vaihto- ja varaosat, materiaalit ja tarvikkeet, sijainti ja saatavuus ja logistiikka. Lisäksi itse kunnossapitäjät vaikuttavat kunnossapitovarmuuteen. Vaikutustekijöitä ovat määrä, sijainti, tavoitettavuus, ammattitaito ja sen ylläpitäminen ja kehittäminen, moniosaaminen ja motivaatio. (Järviö 2006, 34)

5 JVL 2:N KUNNOSSAPITOTOIMINNOT

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan JVL 2:n alueelle tehtyjä kunnossapitotoimia. Näitä ovat kunnossapito- ja ennakkohuoltotyöt. Kunnossapitotoihin kuuluu suurimmaksi osaksi vika- ja häiriökorjauksia sekä erilaisten osien valmistamista. Ennakkohuollot ovat suunniteltuja ohjeiden mukaisesti tehtäviä toimia.

5.1 JVL 2:n kunnossapitotyöt

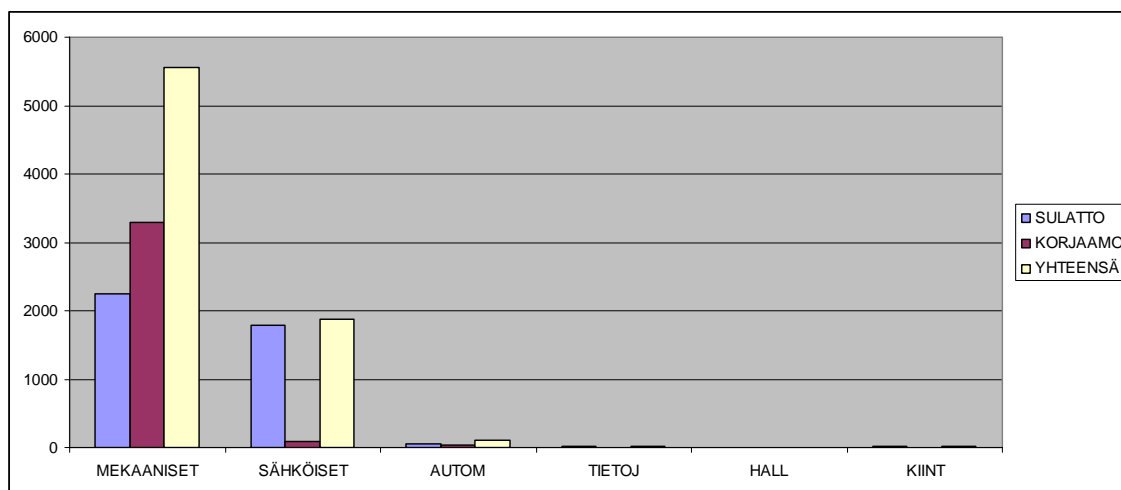
Tätä opinnäytetyötä varten käytiin läpi koko JVL 2:n työhistoria 1.1.2008–2.3.2012 väliseltä ajalta. Kunnossapitotyöt on poimittu ARTTU-kunnossapitojärjestelmästä, joka on Raahen tehtaalla käytössä oleva kunnossapitojärjestelmä. Kunnossapitotöitä JVL 2:n alueelle on tällä aikavälillä kirjattu yhteensä 8268 kappaletta. Suurin osa töistä on terässulaton työntekijöiden tekemiä (4135 kpl), mutta lähes yhtä paljon töitä ovat tehneet korjaamon työntekijät (3449 kpl). Korjaamon työntekijöiden tekemät työt ovat suurimmaksi osaksi korjaamalla suoritettavia JVL 2:n laitteiden osien korjauksia tai uusien osien valmistamista. Terässulaton työntekijöiden työt ovat tehty lähes aina itse laitteelle ja ovat etupäässä vika- ja häiriökorjauksia. Muiden osastojen työntekijöiden tekemiä töitä on kirjattu niin vähän, että ne jätetään huomioimatta.



Kuvio 1. Kunnossapitotöiden jakautuminen.

On todennäköistä, että tehtyjen töiden määrä on todellisuudessa suurempi, sillä kaikkia töitä ei välttämättä kirjata järjestelmään. Töitä kirjaavat järjestelmään työntekijät ja työnjohtajat. Tavanomaista on, että työtunnit kirjataan päivittäin vain yhdelle työlle, vaikka päivän aikana olisi suorittanut useamman työtehtävän. Etenkin pikaisista "hälytyksistä" jää usein merkinnät järjestelmään tekemättä. Toinen ongelma on työn kohdistaminen oikealle laitteelle, sillä useat työt on kohdistettu epätarkasti liian korkealle laitetasolle. Esimerkiksi kaasuleikkauskoneelle tehty vikakorjaustyö on saatettu kohdistaa yleisesti JVK 4:lle, vaikka työ olisi pitänyt kohdentaa nimenomaan JVK 4:n kaasuleikkauskoneelle. Tämä on ongelma, joka vaikeuttaa työn etsimistä ja hyödyntämistä.

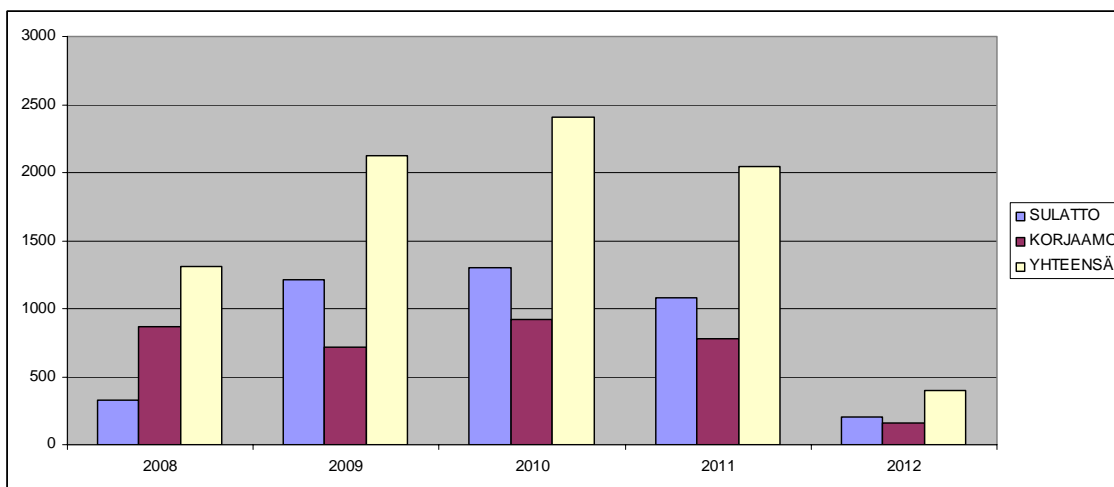
Työt ovat jakautuneet työlajeittain seuraavasti:



Kuvio 2. Kunnossapitotöiden jakautuminen työlajeittain.

Kuten kuviosta 2 huomataan, on mekaanisia töitä selvästi sähkötöitä enemmän. Tämä johtuu siitä, että korjaamolla suoritettavat työt ovat lähes kokonaan mekaanista korjausta ja uusien osien valmistamista. Sähkötöitä korjaamolla tehdään vähän terässulaton laitteille. Terässulaton kunnossapittäjien tekemät työt ovat tasaisemmin jakautuneet sähköisiin ja mekaanisiin töihin. Hyvin usein vian korjaamiseen liittyy samanaikaisesti sekä sähkö- että mekaanista työtä. Koska jatkuvavalulaitoksella on paljon automaatiolaitteita, on todennäköistä, että osa kirjatuista sähköisistä kunnossapitotöistä on todellisuudessa automaatioon liittyvää työtä.

Töiden määrien jakautuminen eri vuosille on seuraava:

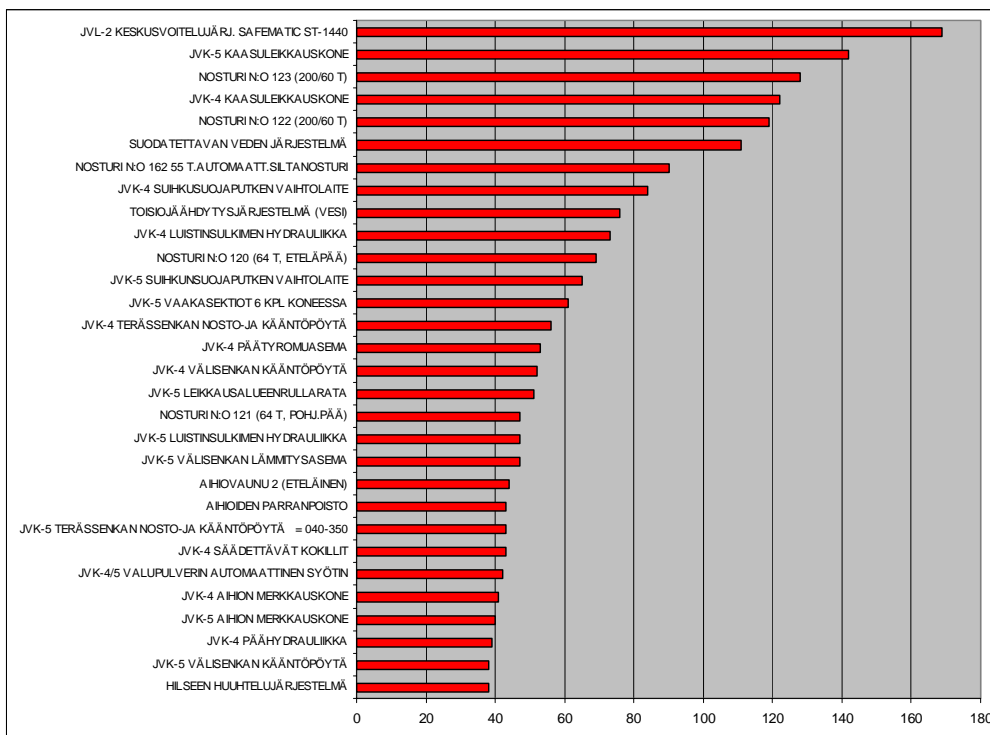


Kuvio 3. Kunnossapitotöiden vuosittainen jakautuminen.

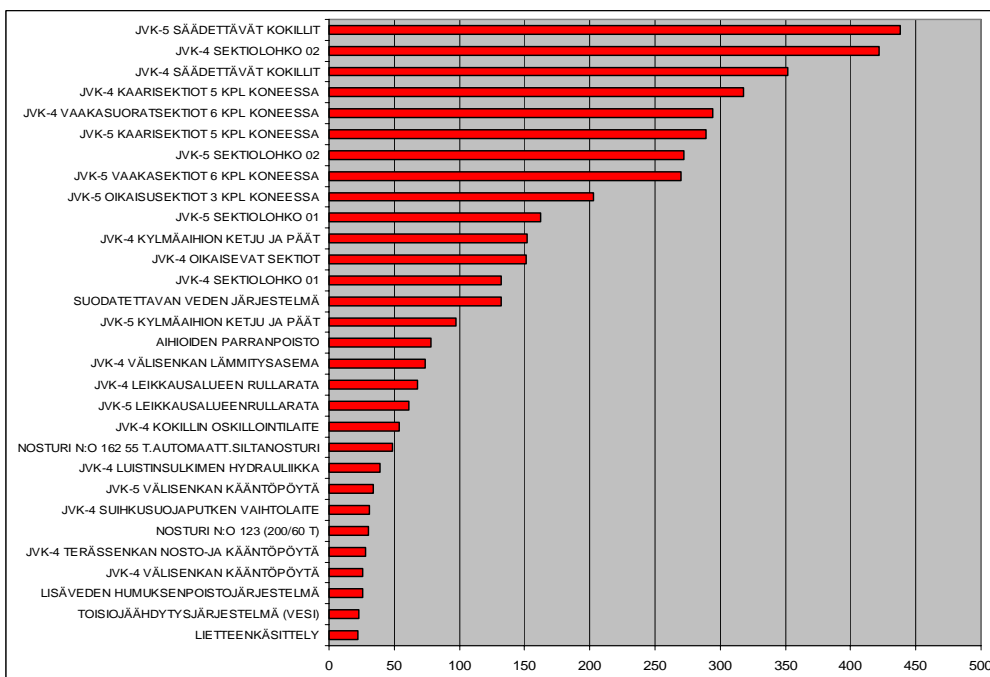
Kuviosta 3 huomataan, että vuonna 2010 on kunnossapitotöitä tehty muita vuosia enemmän niin sähkö- kuin mekaanisellakin puolella. Määrä ei ole kuitenkaan merkittävän suuri. Vuoden 2008 töiden vähyys johtunee siitä, että ARTTU-järjestelmä otettiin käyttöön keskellä vuotta ja sen käytön opettelu otti oman aikansa. Korjaamolla näyttäisi töiden kirjaaminen lähteneen alusta alkaen hyvin käyntiin. Vuoden 2012 osalta kuviossa on työt 1.1.2012–2.3.2012 väliseltä ajalta. Töitä on yhteensä 396 kappaletta. Tasaisella töiden määrän kasvulla vuoden 2012 töiden yhteismäärä olisi noin 2300.

Ei siis voida puhua nousevasta tai laskevasta trendistä, vaan töitä näyttäisi vuosittain kertyvän järjestelmään 2000–2500 kappaletta. Etenkin kriittisimpien laitteiden ja järjestelmien vikatöiden vähentyminen todennäköisesti vaikuttaisi positiivisella tavalla käyttövarmuuden paranemiseen. Onnistuneesti toteutetun ennakkohuollon ja kunnonvalvonnan parantamisella vikatöiden määrä todennäköisesti vähenisi tai työt kohdistuisivat vähemmän kriittisille laitteille. Laitteita ja järjestelmiä kehitetään teknisesti jatkuvasti, joten käyttövarmuuden parantamiseksi tehdään jo kovasti töitä.

Seuraavaksi tarkastellaan kirjattuja kunnossapitotöitä laitekohtaisesti. Alapuolen kuvioissa näkyvät töiden määrät laitekohtaisesti niille 30 laitteelle tai järjestelmälle, joille töitä on eniten kohdistettu.



Kuvio 4. Terässulaton kunnossapitotyöntekijöiden tekemät kunnossapitotyöt laitekohtaisesti.



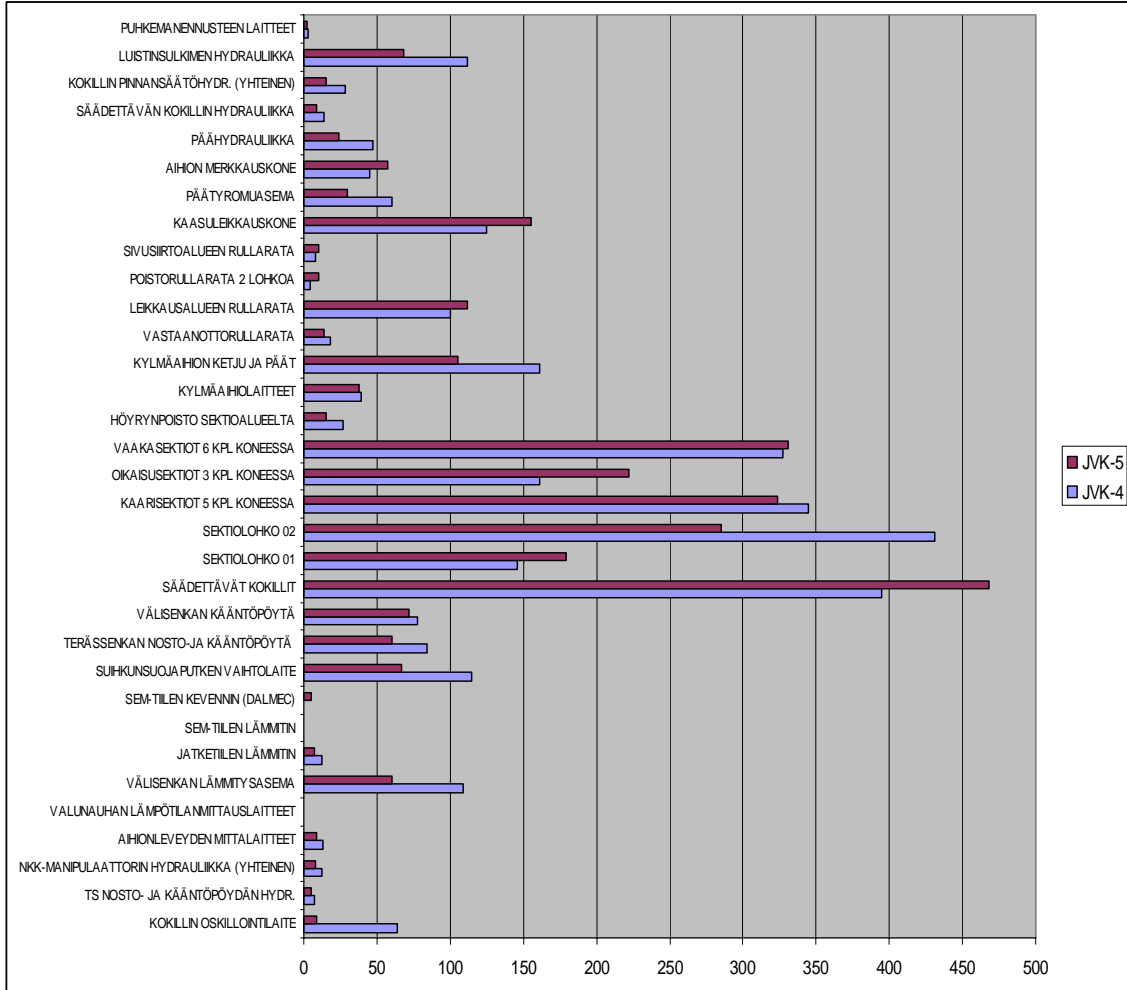
Kuvio 5. Korjaamon työntekijöiden tekemät korjaus- ja valmistustyöt laitekohtaisesti.

Kuviosta 4 huomataan, että vika- ja häiriökorjaukset jakaantuvat sulatolla kohtalaisen tasaisesti. Kuitenkin muutamat laitteet tai järjestelmät ovat kuormittaneet työntekijöitä muita selvästi enemmän. Eniten töitä on tehty keskusvoitelujärjestelmälle. Viat ovat olleet suurimmaksi osaksi voitelun vähyydestä johtuvia hälytyksiä. Syynä tähän on suurimmaksi osaksi ollut rasvasäkin tyhjeneminen, mutta myös rasvapumppu on toisinaan vaurioitunut, letkuja hajonnut ja liittimet vuotaneet.

Kaasuleikkauskoneet, suodatettavan veden järjestelmä ja tärkeimmät nosturit ovat aiheuttaneet myös paljon vikakorjauksia. Kaasuleikkauskoneissa on esiintynyt monentyyppisiä vikoja. Kaasuleikkauskoneen vikaantumista on tutkittu tarkemmin vikapuuanalyyysissä, jota analysoidaan luvussa 7. Liitteestä 4 löytyy kyseinen vikapuukaavio. Suodatettavan veden järjestelmä sijaitsee vesilaitoksella. Koska järjestelmä on melko laaja kokonaisuus, on siinä vuosien saatossa ilmaantunut paljon erilaisia vikoja. Näitä ovat muun muassa pumppuihin liittyvät ongelmat, erityyppiset sähköviat, hiekkasuodattimiin liittyvät korjaukset ja erilaiset vuotokorjaukset, kuten putkivuodot. Nostureissa esiintyy melko tasaisesti sähköisiä ja mekaanisia vikoja. Sähköisiä vikoja ovat esimerkiksi taajuusmuuttajaongelmat ja painorajaylitykset, joita melko usein esiintyy. Myös erilaisia mekaanisia töitä on tehty, pääosin jarruihin ja köysiin liittyviä töitä.

Kuviossa 5 on samankaltainen taulukko korjaamon työntekijöiden osalta. Sektio- ja kokillihuolto tapahtuu korjaamolla, mikä näkyy myös töiden määrässä. Korjaamoa ovat sektioiden ja kokillien kunnostaminen kuormittanut ylivoimaisesti eniten. Sektioiden ja kokillien lisäksi kylmäaihion ketjuja ja päitä korjataan ja kunnostetaan korjaamolle. Muut korjaamolla tehdyt työt ovat suurimmaksi osaksi eri laitteille tai järjestelmille tehtyjä osien valmistamista tai niiden kunnostamista.

Tarkastellaan vielä JVK 4:lle ja JVK 5:lle tehtyjä töitä tärkeimpien laitteiden osalta.



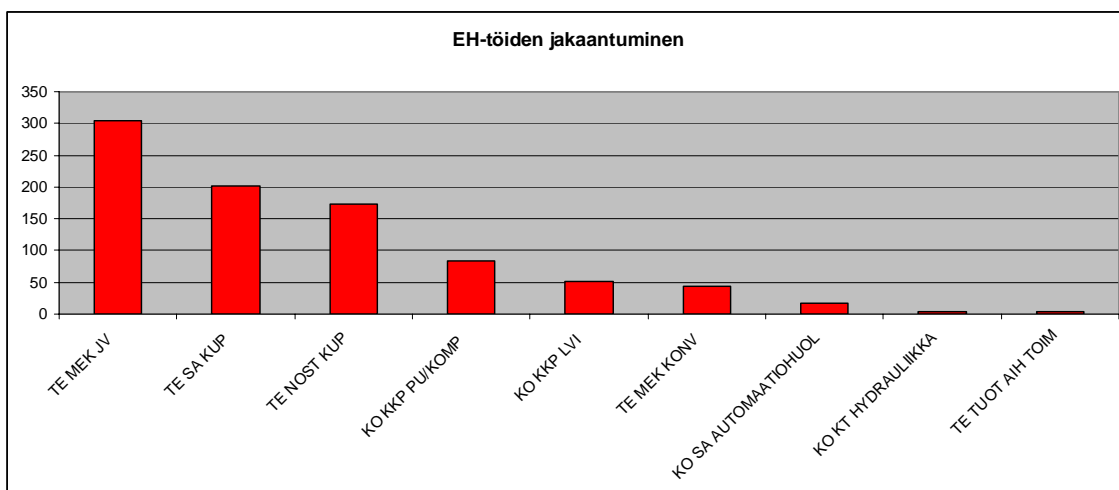
Kuvio 6. JVK 4:n ja JVK 5:n erot työmäärissä laitekohtaisesti.

Työmäärissä on muutamilla laitteilla eroja JVK 5:n ja JVK 4:n välillä. Kuvion mukaan suurimmat erot ovat kokillin oskillointilaitteilla, välisenkan lämmitysasemilla, suihkunsuojaputken vaihtolaitteilla, säädettävillä kokilleilla, sektiolohko 02:lla, oikaisusektioilla, kylmäaihion ketjuilla ja päillä, päätyromuasemilla, päähydrauliikoilla ja luistinsulkimen hydrauliikoilla.

Erot johtuvat todennäköisesti osittain työn kirjaajien virheistä, eli töitä on kohdistettu väärän valukoneen laitteille. On kuitenkin olemassa mahdollisuus, että toisen valukoneen laite tai järjestelmä vikaantuu herkemmin kuin toisen. Tämä voi johtua esimerkiksi yksittäisten kriittisten osien käyttöiästä, laitteen kuormituksesta tai kulumisesta.

5.2 Ennakkohuoltotyöt

Tässä osiossa tarkastellaan JVL 2:n alueella tehtäviä ennakkohuoltotöitä. Ennakkohuolto-ohjelmat on haettu ARTTU-kunnossapitojärjestelmästä 22.3.2012. Alueelle on määritelty tehtäväksi usean tyyppisiä ennakkohuoltoja ja niitä on ARTTU-järjestelmän mukaan yhteensä 881 kappaletta. Ne ovat jakaantuneet vastaanottoryhmittäin seuraavasti:



Kuvio 7. EH-töiden jakautuminen.

Töitä on siis yhteensä 881 kappaletta. Näistä myöhässä olevia töitä on yhteensä 471 kappaletta. Myöhästymisprosentti on 53,5 %. Tässä tapauksessa työ on myöhässä silloin, kun sen seuraava suorituspäivämäärä on määritelty toteutettavaksi ennen 1.3.2012. Töiden hakupäivää, 22.3.2012, ei valittu myöhästymisrajaksi, sillä useat ennakkohuoltotyöt toteutetaan seisokeissa ja seisokkien väli voi olla viikkoja.

Suurimpia vastaanottoryhmiä on syytä tarkastella tarkemmin. Seuraavilla sivuilla on koottu taulukoihin töiden määrät ja niiden myöhästymisprosentit kunnossapitoryhmittäin.

TE MEK JV-ryhmään kuuluvat jatkuvavalulaitoksen kunnossapitoryhmän ennakkohuoltotyöt. Ryhmälle kuuluu mekaanisia, hydraulikka- ja voitelutöitä. Töitä on yhteensä 305 kappaletta ja ne ovat jakaantuneet seuraavasti:

Taulukko 1. JVL 2:n mekaanisen kunnossapidon EH-työt.

TE MEK JV	Töiden määrä	Myöhässä
MEKAANISET EH-TYÖT	56	48,2%
HYDRAULISET EH-TYÖT	72	0 %
VOITELUTYÖT	167	1,2%
MITTAUSTYÖT	10	100 %

TE SA KUP on terässulaton sähkökunnossapidon ryhmä, jolle kuuluu töitä myös JVL 2-alueella. Töiden määrät ja myöhässä olevien töiden lukema on seuraava:

Taulukko 2. JVL 2:n sähkökunnossapidon EH-työt.

	Töiden määrä	Myöhässä
TE SÄ KUP	201	78,1%

TE NOST KUP on terässulaton nosturikunnossapitoryhmän tunnus. Nosturiryhmä vastaa nostimien ja nostureiden huollosta. Työt (173 kappaletta) ovat jakaantuneet JVL 2-alueella mekaanisiin, sähköisiin ja voitelutöihin seuraavasti:

Taulukko 3. JVL 2:n nosturikunnossapidon EH-työt.

TE NOST KUP	Töiden määrä	Myöhässä
MEKAANISET EH-TYÖT	58	65,5%
VOITELUTYÖT	74	94,6%
SÄHKÖISET TYÖT	41	48,8*%

KO KKP PU/KOMP on Raahen tehtaan pumppu-/kompressorihuoltoryhmä. Heille kuuluu pumppu- ja kompressorihuolto koko tehdasalueella. Ryhmälle kuuluvia töitä on JVL-2 alueella 83 kappaletta ja ne ovat jakaantuneet seuraavasti:

Taulukko 4. JVL 2:n pumppu-/kompressorihuollon EH-työt.

KO KKP PU/KOMP	Töiden määrä	Myöhässä
KOMPRESSORIHUOLTOTYÖT	9	88,9%
PUMPPUHUOLTOTYÖT	70	98,6%
VOITELUTYÖT	4	100 %

Lisäksi alueelle tehdään LVI-huoltotöitä, joista vastaa tehtaan LVI-huoltoryhmä. JVL 2-alueella tehtäviä LVI-töitä on 52 kappaletta, joista 100 % on myöhässä. Lisäksi on olemassa 43 mittaustyötä, joiden vastaanottoryhmä on TE MEK KONV, eli konvertterin kunnossapitoryhmä. Konvertterialueen kunnossapitoryhmän kunnonvalvontamies suorittaa nämä mittaukset JVL 2-alueella. Näistä töistä on myöhässä 39,5 %. Muita alueelle tehtäviä töitä on niin pieni määrä, ettei niitä ole syytä ottaa tarkastelun alle.

Kriittisten laitteiden ja järjestelmien huolto-ohjelmat ja toteutus

Kriittisimmille laitteille ja järjestelmille on olemassa kohtalaisen kattavat huolto-ohjelmat. Tarkastellaan niiden laitteiden ja järjestelmien huoltotöitä, joiden kriittisyysindeksi ylittää kriittisyyden raja-arvon 1400.

Sektioille on olemassa sähköhuolto 17 viikon välein, voiteluhuolto 3 viikon välein, käyttökoneistojen tarkastus 6 viikon välein. Käyttökoneistojen tarkastus pyörii hyvin ja on ajan tasalla. Raportointi huolloista on kohtalaisella tasolla, vaikkakin tarkempaa raportointia olisi syytä tehdä. Sähköhuoltoa on huoltohistorian mukaan tehty kerran tai kaksi vuodessa, joten tässä on hieman puutteita. Huoltotöiden raportointi on puutteellista. Voiteluhuoltotöille on tehty viime aikoina muutoksia ja tämän johdosta sektioiden voiteluhuoltotyön historiatiedot ovat kadonneet. Voitelu on kuitenkin ajan tasalla.

Kaasuleikkauskoneisiin on olemassa kattavat ennakkohuolto-ohjelmat. Niitä ovat sähköhuolto 13 viikon välein, mekaaninen huolto 3 viikon välein, voiteluhuolto 3 viikon välein ja jäähdytyslaatikoiden huuhtelu 12 viikon välein. Lisäksi öljyn vaihdot suoritetaan 5 vuoden välein. Historian mukaan sähköhuoltoa on tehty 2-3 kertaa vuodessa, joten huolto ei tapahdu aivan toivotulla tavalla. Mekaanisella puolella huolto suoritetaan hyvin ajallaan. Raportointi on yleisesti ottaen heikolla tasolla sekä sähkö- että mekaanisella puolella. Myös kaasuleikkauskoneiden voiteluhuolloista ovat historiatiedot kadonneet.

Nosturihuoltotöiden kuittaamisessa on puutteita. Huoltoja jää järjestelmän mukaan paljon suorittamatta ja töitä on paljon myöhässä, etenkin voitelu- ja mekaanisten töiden osalta. On mahdollista, että huollot käytännössä tehdään, mutta järjestelmään niitä ei ole kuitattu aivan toivotulla tavalla. Sähköhuoltoja raportoidaan melko hyvin, mutta mekaanisten ja voitelutöiden osalta raportointi on heikkoa. Töitä on viime aikoina muokattu ja uusittu tavoitteena kirjaamisen helpottaminen, eli ongelma on tiedossa ja sen eteen ollaan tekemässä töitä. N122, N123 ja N162 ovat nostureita, joille huollot tulisi huolto-ohjelmien mukaan tehdä 4 kertaa vuodessa.

Välisenkan lämmitysasemille on olemassa sähköhuollot 26 viikon välein, lämmityskannen hydraulikkahuollot 8 viikon välein ja voiteluhuollot 3 viikon välein. Työt ovat melko hyvin ajan tasalla ja raportointi on kohtalaista.

Lisäveden humuksenpoistojärjestelmä sijaitsee vesilaitoksella. Järjestelmälle on kohdistettu pumppu- ja mittaushuoltoja, mutta sen lisäksi laitoksen oma vesimies suorittaa päivittäistä kunnonvalvontaa koko vesilaitoksen laitteistolle ja järjestelmille. Pumppu-/kompressoriryhmälle kuuluvia töitä on 24 kappaletta, joista yhtä lukuun ottamatta kaikki ovat myöhässä, eikä niitä ole ARTTU-kunnossapitojärjestelmän aikana kuitattu kertaakaan. Ohjeistus töissä on vaihtelevaa. Pumppujen huolto tulisi järjestelmän mukaan suorittaa 8 viikon välein, joten huolto on järjestelmän mukaan todella puutteellista. Voi toki olla, että huoltoja tehdään, mutta järjestelmään niitä ei kuitata. Humuksenpoistojärjestelmään kuuluu myös pumppujen mittaushuoltoja, jotka tulisi suorittaa 16 viikon välein. Yhtä lailla myös nämä työt ovat myöhässä, eikä töistä löydy raportointia.

Säädettäville kokille on olemassa puhkeamailmaisun määräaikaishuolto ja OP-paneelien koteloahuolto, jotka tulee tehdä vuoden välein. Työt ovat ajan tasalla ja hyvin raportoitu. Myös luistinsulkimien hydraulikat ovat kriittisiä järjestelmiä. Näille löytyy ARTTU-järjestelmästä hydraulikkahuoltoja, joita alueen hydraulikkahuoltomies on pitänyt täydellisesti ajan tasalla ja raportoinut tehdyt työt kiitettävästi.

Yhteenvetona kriittisten kohteiden ennakkohuoltotoista todettakoon, että huoltoja on olemassa kattavasti, mutta niiden ajantasaisuus ja raportointi on vaihtelevaa. Mahdollista toki on, että huoltoja tehdään tilastoissa näkyviä määriä enemmän, mutta niitä ei järjestelmään ole kirjattu. Näin ollen kehittämistä on joko järjestelmän käyttämisessä, itse huoltotöiden suorittamisessa tai näissä molemmissa.

6 KRIITTISYYSANALYYSI

Tärkeä osa tätä opinnäytetyötä on kriittisyysanalyysin tekeminen JVL 2:n tärkeimmille laitteille ja järjestelmille. Raahen terästehtaalla käytössä oleva kriittisyysluokittelumenetelmä on PSK 6800-standardin mukainen. Standardissa arvioidaan alueen kohteiden kriittisyyttä taloudellisten vaikutusten, henkilöturvallisuuden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta. Standardin pääpaino on tuotannon menetyksessä ja henkilöturvallisuudessa.

Kriittisyysanalyysiä käytetään yleisesti teollisuudessa kunnossapitosuunnitelman lähtötiedon toteuttamiseen. Lisäksi menetelmää voidaan käyttää apuna esimerkiksi hankintojen tukena, kun määritellään hankittavan kriittisen laitteen ominaisuuksia ja vastaanottokriteerejä.

Standardin PSK 6800 mukainen menettely analyysin suorittamiselle on seuraava:

1. Aluksi määritellään tarkastelun laajuus.
2. Määritellään tuotannon menetyksen painoarvo.
3. Arvioidaan muiden standardissa annettujen painoarvojen sopivuus sovellettavalle toimialalle. Tarvittaessa painoarvoja muokataan.
4. Listataan alueen tärkeimmät laitteen ja järjestelmät analyysin tekoa varten.
5. Valitaan tarkasteltaville laitteille ja järjestelmille kertoimet.
6. Ohjelma laskee kriittisyysindeksin (K) ja sen osaindeksit käyttäen hyväksi annettuja parametreja.
7. Kriittisyysluokittelu tehdään lajittelemalla laitteet kriittisyysindeksin mukaiseen järjestyksen. (PSK 6800-standardi 2008, 3)

Raahen terästehtaalla tuotantomenetyksen painoarvoksi on määritely standardin suurin arvo, 100. Kriittisyden raja-arvo voidaan määritellä Raahen tehtaalla siten, että raja-arvoksi saadaan se luku, jonka noin 20 % valituista laitteista ja järjestelmistä ylittää. Kriittisyysanalyysin kerrointaulukko on nähtävissä liitteessä 2.

6.1 Kriittisyysanalyysin suorittaminen

Analyysin tekoa varten kerättiin ARTTU-kunnossapitojärjestelmästä JVL 2-alueen laitepaikkahierarkia ja karsittiin laitteistoa siten, että jäljelle jäi vain merkittävimmät laitteet, laitekokonaisuudet ja järjestelmät. Ne syötettiin standardin mukaiseen valmiiseen Excel-taulukkoon. Näin saatiin pohja itse analyysin tekoa varten.

Kriittisyysanalyysi suoritettiin jatkuvavalulaitoksen ammattihenkilöiden kanssa. Analyysia oli suorittamassa henkilöitä mekaanisesta ja sähköisestä kunnossapidosta sekä käytön ja kehityksen puolelta. Ryhmässä oli mukana kunnossapitäjiä, käyttöhenkilöstöä ja toimihenkilöitä. Näin ollen saatiin kattavasti eri näkökulmia ja mielipiteitä eri kohteiden kriittisyydestä.

Analyysin tekemistä varten pidettiin kaksi palaveria, joissa ryhmä kävi kohteet läpi kohde kerrallaan pisteyttäen ne kriteerien mukaisesti. Lopputuloksena saatiin JVL 2:n tärkeimmät laitteet ja järjestelmät standardin mukaiseen kriittisyysjärjestykseen.

6.2 Kriittisyysanalyysin tulokset

Kriittisyysanalyysin tulokset kokonaisuudessaan on esillä liitteessä 3. Kriittisyysanalyysissä kriittisyyden raja-arvoksi määriteltiin 1400, sillä noin 20 % kohteista ylitti kyseisen rajan. Kriittiseksi luokiteltavia laitteita JVL 2:n alueella on 22 kappaletta. Osa näistä on kahdennettuja, sillä JVK 4:n ja JVK 5:n laitteisto on samanlainen.

Kriittisimmäksi kohteeksi saatiin analyysin perusteella kaasuleikkauskone, jonka kriittisyysarvo on 2920. Kaasuleikkauskone aiheuttaa vikaantuessaan merkittävän turvallisuusriskin, sillä aihio joudutaan hätätapauksessa katkaisemaan käsivaralla. Vikaantuminen pysäyttää myös kyseisen linjan tuotannon pahimmassa tapauksessa pitkäksi ajaksi.



Kuva 12. JVK-5 kaasuleikkauskone.

Kuvassa 12 on kaasuleikkauskone. Sen tärkein tehtävä on katkaista valunauha ahioksi. Ilman aihion katkaisua jatkuvavalu ei onnistu, eikä valmistettavaa tuotetta saada vietyä tuotantoprosessissa loppuun. Jos kaasuleikkauskone ei kykene katkaisemaan ahiota, joudutaan se katkaisemaan käsivaralla. Kaasuleikkauskone aiheuttaa myös paloturvallisuusrisikin, sillä se toimii todella kuumissa olosuhteissa. Jäähdytysjärjestelmän toimivuus on välttämätöntä kaasuleikkauskoneen toiminnan kannalta.

Sektiot käyttökoneistoiheen osoittautuivat myös kriittisiksi kohteiksi. Sektiot ovat merkittäviä osalaitteita valun onnistumisen kannalta. Niiden vuotoja, voitelun toimivuutta, jäähdytyslaitteiden toimintaa ja käyttökoneistoja seurataan tarkasti ja tihein aikavälein mitataan muun muassa rullien kuluneisuutta ja linjausta. Kaarisektiot, oikaisevat sektiot ja vaakasuorat sektiot ovat 01- ja 02-sektiota kriittisimpiä, sillä korjauskustannukset ovat niitä suurempia. Jos ahiolle tapahtuu puhkeama kaari-, oikaisevien tai vaakasuorien sektioiden kohdalla, voivat tällöin ympäristöriskit olla kohtalaisia. Jos puhkeama tapahtuu valun alkupäässä, 01- tai 02-sektioilla, eivät ympäristöriskit ole niin suuria.

Nosturit ovat tärkeä osa jatkuvavalulaitoksen tuotantoprosessia. Kriittisiä nostureita alueella ovat N122, N123 ja N162. Nosturi 122 on JVK 4:n valunosturi, kun nosturi 123 puolestaan toimii JVK 5:lla. Niiden tärkein tehtävä on toimittaa terässenkka valutasolle, jotta aihion valaminen voidaan aloittaa. Vikaantuminen aiheuttaa tuotantohäiriön joko JVK 4:lle tai JVK 5:lle, riippuen kumpi nosturi vikaantuu. N162 on automaattinosturi, joka toimittaa aihiot leikkauksen ja merkkauksen jälkeen eteenpäin. Jos N162 vikaantuu, JVK 4:n aihiontoimitus pysähtyy ja JVK 5:n aihiot joudutaan kuljettamaan aihiohalliin kurottajalla. Kurottaja on ajoneuvo, johon on yhdistetty ahiopihdit aihion kuljettamista varten.

Kokilli on myös kriittinen laite. Se määrittää aihion muodon ja vaikuttaa olennaisesti lopputuotteen laatukustannuksiin. Kokillin vikaantuessa kokonaan tuotanto kyseiseltä valukoneelta pysähtyy. Huomaamatta jäänyt pienempi vika saattaa aiheuttaa valuvirheitä ja on myös turvallisuusriski.

Humuksenpoistojärjestelmä ylittää kriittisyyden raja-arvon. Järjestelmän vikaantuessa seuraukset voivat pahimmassa tapauksessa olla katastrofaalinen, sillä humus aiheuttaa tukoksia jäähdytysjärjestelmään. Vikaantuminen aiheuttaa merkittäviä tuotantomenetyksiä ja korjauskustannukset voivat nousta suuriksi.

Lisäksi kriittisiä laitteita ja järjestelmiä ovat välisenkan lämmitysasema ja luistinsulkimen hydraulikka. Välisenkkaa on lämmitettävä ennen valun aloittamista, sillä valu ei onnistu välisenkan ollessa liian kylmä. Liian kylmä välisenkka aiheuttaa roiskumisvaaran, joka on turvallisuuden kannalta suuri riski. Lisäksi luistintanko jää vuotamaan välisenkan lämmityksen riittämättömyyden vuoksi, jolloin teräksen virtausta välisenkasta kokilliin ei pystytä kontrolloimaan. Tämä aiheuttaa merkittävän turvallisuusriskin. Luistinsuljin säätelee valun virtausta. Luistinsulkimen hydraulikan vikaantuessa saattaa virtaus jäädä maksimiasentoon aiheuttaen merkittävät turvallisuusriskit. Vikaantumisen sattuessa prosessi keskeytetään mahdollisimman pian, joten myös tuotantomenetykset voivat olla merkittäviä. On siis selvää, että tämä järjestelmä on myös kriittinen.

7 VIKAPUUANALYYSI

Vikapuuanalyysi on yleisesti käytössä oleva menetelmä järjestelmävikoihin vaikuttavien komponenttivikojen löytämiseen. Vikapuuanalyysi alkaa ei-toivotusta tapahtumasta, jota kutsutaan TOP-tapahtumaksi. Tämän alle kerätään kaikki ne tekijät, jotka aiheuttavat ei-toivotun tapahtuman. Tätä jatketaan siihen asti, kunnes päästään komponenttitasolle saakka. Itse vikapuu kuvaa järjestelmän vikaantumista graafisesti, ja tässä opinnäytetyössä se tehtiin Ramentor Oy:n kehittämällä ELMAS-työkalulla.

7.1 ELMAS-työkalu

ELMAS on ohjelmisto tapahtumalogiikan eli tapahtumien välisten loogisten suhteiden mallinnukseen ja analysointiin. Tapahtuma voi olla mikä tahansa asian tai tilanteen muutos. Luotua mallia voidaan käyttää ymmärryksen parantamiseen, tiedon jäsentämiseen ja myös dokumentointiin. (Ramentor Oy 2012, hakupäivä 6.4.2012)

ELMAS-ohjelmistolla mallinnuksessa on tarkoituksena ottaa huomioon koko järjestelmän toiminnallisuus, tunnistetaan kriittisimmät kohteet, tehdään riskiarviointi ja kohdistetaan kunnossapito- ja/tai suunnittelutoimenpiteet sinne, missä niitä eniten tarvitaan. Analyysin avulla pystytään määrittämään ennusteet muun muassa kohteen osien vikaantumisajoille, vikaantumisen tärkeimmille syille ja vioista aiheutuville kustannuksille eli riskeille. Tulosten analysoinnin tavoitteena on löytää ne keinot, joiden avulla kokonaisprosessin luotettavuutta ja käytettävyyttä pystytään parantamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Ramentor Oy 2012, hakupäivä 6.4.2012)

7.2 Vikapuuanalyysin suorittaminen ja simulointi

Vikapuuanalyysin tekeminen rajattiin toimeksiantajan ehdotuksesta ja opinnäytetyön laajuuden puitteissa koskemaan ainoastaan JVL 2:n kriittisintä laitetta, kaasuleikkauskonetta. Koska kaasuleikkauskone on alueen kriittisin laite ja sille tehdään lähes eniten vikakorjauksia, on vikapuuanalyysin tekeminen järkevää kohdentaa alueen laitteista juuri kaasuleikkauskoneelle. Kaasuleikkauskoneita alueella on kaksi, sillä molemmat valukoneet tarvitsevat omat kaasuleikkauskoneensa. Kaasuleikkauskoneet ovat kuitenkin samanlaiset, joten vikapuuanalyysi voitiin suorittaa yleisesti ottaen JVK 4 ja JVK 5 kaasuleikkauskoneelle.

Analyysin tekeminen aloitettiin vikapuurakenteen ja porttiehtojen luonnilla. Vikapuurakenne luotiin ARTTU-järjestelmään tehtyjen vikatöiden ja asiantuntijoiden haastatteluiden avulla. Vikapuurakenteen ja porttiehtojen oikeellisuus on analyysin kannalta ehdottoman tärkeää, sillä väärillä tiedoilla suoritettu simulointi antaa virheellisiä tuloksia. TOP-tapahtumaksi valittiin kaasuleikkauskoneen vikaantuminen siten, että kaasuleikkauskone ei kykene suorittamaan sen tärkeintä tehtävää eli aihion katkaisemista. Tähän löydettiin kaksi pääsyytä, kaasuleikkauskoneen pysähtyminen ja itse leikkauksen toimimattomuus. Näitä osasyitä pilkottiin pienempiin osiin siten, että alimmalle tasolle saatiin komponenttikohtaiset juurisyyt. Vikapuumalli on ositettuna esillä liitteessä 4.

Komponenttitason syihin liitettiin mukaan keskimääräinen vikaantumisaika (MTTF, Mean Time To Failure), keskimääräinen toipumisaika (MTTR, Mean Time To Repair), työntekijöiden määrän tarve, resurssien kustannukset ja kiinteät kustannukset. Sovittiin, että henkilön tunnin tekemä työ maksaa 50 €. Näiden tietojen pohjalta suoritettiin simulointi. Komponenttien keskimääräisen vikaantumisaian selvittäminen ARTTU-järjestelmästä oli haasteellista johtuen lähinnä töiden raporttien epätarkkuudesta. Asiantuntijahaastattelujen avustuksella saatiin kuitenkin melko todenmukaisia arvioita vikaantumisajoista. Korjausaikoja ei löytynyt järjestelmästä, joten nämäkin arvioitiin asiantuntijoiden haastattelujen pohjalta. Simulointi suoritettiin seuraavan sivun kuvan 13 mukaisilla arvoilla.

Analysointi: Simulointi

Profilii | Aloitus | Laskenta | Tulokset

Simulointi

Perustiedot

Ehdollinen

Tärkeys

Riskit

Linja

Simulointi valmis

Simuloidut kierrokset:	1 000
Tarkasteltava jakso:	5 a
Simuloitu kokonaisaika:	5 000 a
Tapahtumien määrä:	518 633
Erlaisia kombinaatioita:	939
Simuloituja solmuja:	101
Juurien lukumäärä:	66
Porttien lukumäärä:	35
Muuttumattomien solmujen määrä:	2
Käytetty laskenta-aika:	0.92 s

Kuva 13. ELMAS-ohjelmalla tehdyn simuloinnin arvot.

Simuloinnin tulokset ovat nähtävissä liitteessä 5. Simuloinnin tulosten mukaan kaasuleikkauskoneen käytettävyys on 99,2 %. Koska kaasuleikkauskoneita on JVL 2:n alueella kaksi, voidaan alueen kaasuleikkauskoneiden kokonaiskäytettävyyden arvioida olevan 98,4 %, joka saadaan kertomalla kahden leikkauskoneen käytettävyydet keskenään. Yleisesti vikaantumisen luonteesta todettakoon, että useimmin kaasuleikkauskone vikaantuu sähköisen vian vuoksi, mutta mekaanisen vikaantumisen sattuessa korjausaika on tavallisesti pidempi.

Tulosten mukaan muutamilla kaasuleikkauskoneen komponenteilla tapahtuu vikaantumista muita enemmän.

Polttimilla, suuttimilla ja takaiskuventtiileillä on ilmennyt paljon vikoja. Viat johtuvat pääosin suuttimien tai takaiskuventtiilien tukkeutumisista. Tukkeutumiset johtuvat lähes aina liiallisesta liasta ja pölystä. Toisinaan suutin saattaa myös sulaa, mikä puolestaan johtuu jäähdytysjärjestelmän vikaantumisesta.

Jäähdytysjärjestelmä on todella tärkeä osa kaasuleikkauskoneen toimintaa, sillä kone toimii varsin kuumissa olosuhteissa. Jäähdytyksen puutteellisuus voi aiheuttaa merkittäviä turvallisuusriskejä. Jäähdytyksen vikaantuminen on aiheuttanut muun muassa koko kaasuleikkauskoneen palamisen. Jäähdytysjärjestelmän vikaantuminen johtuu tavallisesti tukkeumista ja ahtaumista, vuodoista tai jäätymisistä. Joskus myös jäähdytysjärjestelmän venttiileitä on ollut kiinni-asennossa syystä tai toisesta.

Kaasuongelmia ilmenee myös paljon. Kaasuongelmat aiheuttavat tavallisesti sen, ettei leikkaus toimi halutulla tavalla. Ongelmat johtuvat useimmiten joko venttiileiden vikaantumisesta, paineensäätimen vikaantumisesta, kaasuverkon paineesta tai erilaisista vuodoista.

Jarruongelmat ovat myös melko yleisiä kaasuleikkauskoneen vikoja. Kun jarru ei aukea, ei myöskään leikkuri liiku ja aihion katkaiseminen estyy. Jarruviat johtuvat usein releen vikaantumisesta. Muita syitä voivat olla taajuusmuuttajan vikaantuminen, puhaltimen vikaantuminen, ylikuormalaukaisu ja sulakkeen laukeaminen. Myös vetopyörä voi kulua liikaa tai hajota. Lisäksi on mahdollista, että jarru jumittuu mekaanisesti siten, ettei se pääse aukeamaan.

Tarraimen luistaminen on myös ongelma, joka voi aiheuttaa kaasuleikkauskoneen vikaantumisen. Tarrain "tarttuu" aihion pintaan paineilmalla ja kaasuleikkauskone kulkee ahiota leikatessa tarraimen varassa ilman moottorikäyttöä. Sähkömoottoria käytetään ainoastaan silloin, kun kaasuleikkauskone ajaa itsensä takaisin lähtöasemaan. Jos tarrain luistaa, hankaa se aihion pintaa pitkin aiheuttaen mahdollisia laaturvirheitä. Lisäksi leikkausjälki ei ole suoraa ja pahan luistamisen vuoksi leikkaus estyy kokonaan. Tarraimen luistamisen syinä ovat useimmiten paineilmavuodot, joita voi olla palkeessa, putkessa, letkussa, liittimissä tai venttiileissä.

8 POHDINTA JA JATKOKEHITYSMAHDOLLISUUDET

Jatkuvavalulaitos 2:n käyttövarmuuden kannalta on ehdottoman tärkeää, että laitteet ja järjestelmät toimivat häiriöttömästi. Ennakkohuollon merkitystä on korostettava, sillä oikein suoritettulla ennakkohuollolla käyttövarmuus saadaan pysymään korkeana. Laadukas ennakkohuolto vähentää vikaantumisia käynnin aikana ja häiriöitä näin ollen syntyy vähemmän. Menetetyn tuotannon arvo on huomattavan paljon suurempi kuin työ- ja korjauskustannukset, joten vikataajuutta vähentämällä saadaan aikaan huomattavia säästöjä. Kun vikaantumisväli on suurempi, vaikuttaa se samalla myös työ- ja korjauskustannusten pienenemiseen.

Resursseja on järkevää kohdentaa kriittisimmille ja vikaantumisherkeimmille kohteille ja toki myös sinne, missä vikoja eniten tapahtuu. Alueen tärkeimmille kohteille tehdyn kriittisyysanalyysin mukaan kaasuleikkauskone on alueen kriittisin laite. Silmiinpistävää tuloksissa on se, että kaasuleikkauskoneelle tehdään myös lähes eniten vika- ja häiriökorjauksia. Myös nosturit N122, N123 ja N162 ovat varsin kriittisiä laitteita ja niille tehdään paljon vika- ja häiriökorjauksia. Näiden ennakkohuolto-ohjelmia tarkasteltaessa huomataan, että huolto-ohjelmissa ei sinänsä ole paljoa vikaa, sillä ohjeistukset ovat tarkkoja ja selkeitä. Myös jaksotusajat ovat riittävän tiheitä. Sen sijaan huoltojen toteutuksessa on parantamisen varaa. Huoltoja ei ole ARTTU-järjestelmän mukaan pidetty aivan täysin ajan tasalla ja raportointi on puutteellista.

Kaasuleikkauskoneelle suoritettu vikapuuanalyysi kertoo, että kaasuleikkauskone pystyy suorittamaan sen tärkeimmän tehtävän, aihion katkaisemisen, 99,2 % ajasta. Tämä on sinänsä hyvä lukema, mutta se tarkoittaa myös, että leikkauskone on toimintakelvottomana noin 0,8 % ajasta. Vuositasolla tämä tekee kuitenkin kymmeniä tunteja, mikä vaikuttaa paljon tuotantomenetyksen määrään. Tuotannonmenetyksen arvo on tällä hetkellä noin 250 000-300 000 €/tunti, joten voidaan puhua varsin suurista summista. Kun otetaan huomioon, että häiriöitä alueella aiheuttavat muutkin laitteet ja järjestelmät, on korkeita käytettävyyksilukuja silti pyrittävä parantamaan. Vikapuuanalyysistä huomataan myös, että työ- ja korjauskustannukset ovat varsin pienet verrattuna menetetyin tuotannon arvoon.

Yleisesti ottaen tehdyt ennakkohuollot tulisi raportoida tarkemmin, sillä raportointi on yleisellä tasolla lyhyttä ja epätarkkaa. Usein ei raportointia ole tehty ollenkaan. Raportointiongelmia on

jossain määrin myös vika- ja häiriökorjauksissa. Tähän tulisi kiinnittää suurempaa huomiota, sillä tehtyjen töiden tietojen hyödyntäminen tulevaisuudessa vaikeutuu heikon raportoinnin vuoksi ja heikko raportointi aiheuttaa myös tiedonkulkuongelmia.

Ennakkohuolto-ohjelmat ovat sisällöltään melko kattavia. Kysymymerkiksi nousee sellaisten huoltotöiden ohjeistusten todenmukaisuus, joita ei ole aikoihin suoritettu. Näissä ohjeistusten ja jaksoaikojen päivitys voisi olla paikallaan. Toki kaikkien muiden ennakkohuoltojen sisältöjen tarkastaminen olisi suositeltavaa.

Huolestuttavana voidaan pitää kappaleessa 5.2 esiin tulleita ajan tasalla olevien ennakkohuoltotöiden prosentuaalisia osuuksia. Ainoastaan voitelu- ja hydraulikkahuollot ovat todella hyvin ajan tasalla. Muut ovat pahasti myöhässä aikataulusta ja useiden kohteiden huollot on jätetty tekemättä järjestelmän mukaan pitkiksikin ajoiksi. Tämä aiheuttaa suurella todennäköisyydellä kohteen tiheämpää vikaantumista ja sen myötä vaikuttaa käyttövarmuuteen negatiivisella tavalla.

Vika- ja häiriökorjauksissa parannettavaa on siis myös raportoinnissa. Lisäksi töiden kohdentamisessa on parannettavaa. Useat työt on kohdennettu liian korkealle laitetasolle, mikä vaikeuttaa työn hyödyntämistä. Työt tulisi kohdentaa juuri sille laitteelle tai järjestelmälle, jolle työ tehdään.

Kuviossa 6 on nähtävillä töiden jakautuminen JVK 4:n ja JVK 5:n välillä. Kuvion mukaan työmäärissä on eroja muun muassa kokillien oskillointilaitteilla, välisenkan lämmitysasemilla, suihkunsuojaputken vaihtolaitteilla, säädettävillä kokilleilla, sektiolohko 02:lla, oikaisusektioilla, kylmäaihion ketjuilla ja päillä, päätyromuasemilla, päähydrauliikoilla ja luistinsulkimen hydraulikoilla. Erot voivat osittain johtua kirjaamisvirheistä, mutta olisi suositeltavaa pohtia, voisivatko erot johtua kohteiden välisistä teknisistä eroista.

Toimintatapojen muutoksilla kehitettäisiin siis käyttövarmuutta todennäköisesti parempaan suuntaan. Töiden dokumentointi on tärkeä osa työn suorittamista, eikä sitä tulisi aliarvioida. Huolellisempi dokumentointi nousee kehittämistoimenpiteissä avainasemaan ja sen kehittäminen on varsin järkevää.

9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää sellaisia kehityskohteita ja keinoja, joiden toteuttamisen myötä olisi todennäköistä, että käyttövarmuutta saataisiin JVL 2:n alueella parannettua. Näitä keinoja pyrittiin löytämään standardin PSK 6800 mukaisen kriittisyysanalyysin, ELMAS-ohjelmalla tehdyn vikapuuanalyysin ja ARTTU-kunnossapitojärjestelmän historiadatan hyödyntämisen avulla.

Kriittisyysanalyysin tuloksena saatiin alueen tärkeimmät laitteet ja järjestelmät kriittisyysjärjestykseen. Tämän analyysin pohjalta pohdittiin etenkin kriittisten laitteiden kunnossapitotilannetta ja keinoja tilanteen parantamiseksi. Kriittisimmäksi laitteeksi osoittautui analyysin perusteella kaasuleikkauskone, jonka vikaantumista tutkittiin tarkemmin vikapuuanalyysin avulla. Kaasuleikkauskoneen vikaantumisesta rakennettiin vikapuumalli, jossa tuli esille kaikki sellaiset tekijät, jotka aiheuttavat kaasuleikkauskoneen vikaantumisen. Vikapuulle suoritettiin simulointi, jonka perusteella kaasuleikkauskone toimii toivotulla tavalla 99,2 % käyttöajasta.

ARTTU-kunnossapitojärjestelmää käytettiin apuna kunnossapitotöiden ja ennakkohuoltotöiden hyödyntämisessä. Järjestelmästä kerättiin tietoa kunnossapitotöiden määristä ja niiden kohdistamisesta laitteille ja järjestelmille. Historiadataa hyödynnettiin myös ennakkohuoltotöiden tilanteen katsastamisessa. Huomattiin, että ennakkohuoltotöiden toteuttamisessa on parannettavaa, sillä töitä on yleisesti ottaen paljon myöhässä ja raportointi on puutteellista. Raportointiongelmia koskevat osittain myös kunnossapitotöitä. Lisäksi kaikkia vikatöitä ei välttämättä ole syötetty järjestelmään, minkä vuoksi todellinen töiden lukumäärä voi olla suurempi ja osien vikaantumisväli tiheämpi. Näin ollen toimintatapojen muutoksilla saataisiin käyttövarmuutta kehitettyä ja muutoksilla todennäköisesti tulisi olemaan vaikutusta myös käyttövarmuuden paranemiseen.

Taulukoista ja kuvioista selviää myös, mille laitteille ja järjestelmille tehdään eniten vika- ja häiriötöitä, kuinka paljon ja kuinka työt ovat jakautuneet. Voidaan todeta, että resursseja on suositeltavaa kohdistaa vikaantumisherkimmille ja etenkin kriittisimmille laitteille ja järjestelmille.

LÄHDELUETTELO

Ahola, A., 2010. Rautaruukin teknistä tietoa. Sisäinen lähde. Hakupäivä 20.3.2012 http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Raahen%20tehtaan%20esittelymateriaali/Raahe_Steel_Works.pdf.

Ansaharju, T 2009. Koneenasennus ja kunnossapito (1.p.). Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Järviö, J 2006. Kunnossapito (3.p.). Hamina: Kunnossapitoyhdistys ry.

Lapinleimu, T, Kauppinen, I, Torvinen, S 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät (1.p.). Porvoo: WSOY.

PSK 6800 –standardi. 2008. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. PSK standardisointiyhdistys ry.

Ramentor Oy, 2012. Hakupäivä 6.4.2012 <http://www.ramentor.com/etusivu/tuotteet/elmas/>

Rautaruukki Oyj, 2012. Historia. Hakupäivä 23.1.2012 <http://www.ruukki.fi/Tietoyhtiosta/Historia>.

Rautaruukki Oyj, 2008. Jatkuvalulinjat. Sisäinen lähde. Hakupäivä 4.1.2012 <http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Terästuotanto/Jatkuvalulinjat.ppt>.

Rautaruukki Oyj, 2012. Konsernirakenne. Hakupäivä 23.1.2012 <http://www.ruukki.fi/Tietoyhtiosta/Konsernirakenne>.

Rautaruukki Oyj, 2012. Tehtaan prosessikaavio. Sisäinen lähde. Hakupäivä 4.1.2012 http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Yleisesittely/Raahen_tehdas_FIN.ppt#649,22,Dia 22.

Rautaruukki Oyj, 2012. Teräksen valmistus. Sisäinen lähde. Hakupäivä 4.1.2012
<http://intra.rrsteel.net/sites/msa/BSSA/Documents/Raahe/Esittelymateriaali/Terästuotanto/Terassulaton%20yleisesittely.ppt#276,1>, Teräksen valmistus.

Rautaruukki Oyj, 2010. Terässulaton lay-out. Sisäinen lähde. Hakupäivä 3.4.2012
http://intra.rrsteel.net/sites/raahecollaboration/tehdaspalvelu/kunnossapito/teras_kup/Shared%20Documents/Terästuotannon%20kunnossapidon%20esittely.ppt#348,6, Terässulaton lay-out

LIITTEET

Liite 1. Terässulaton lay-out.

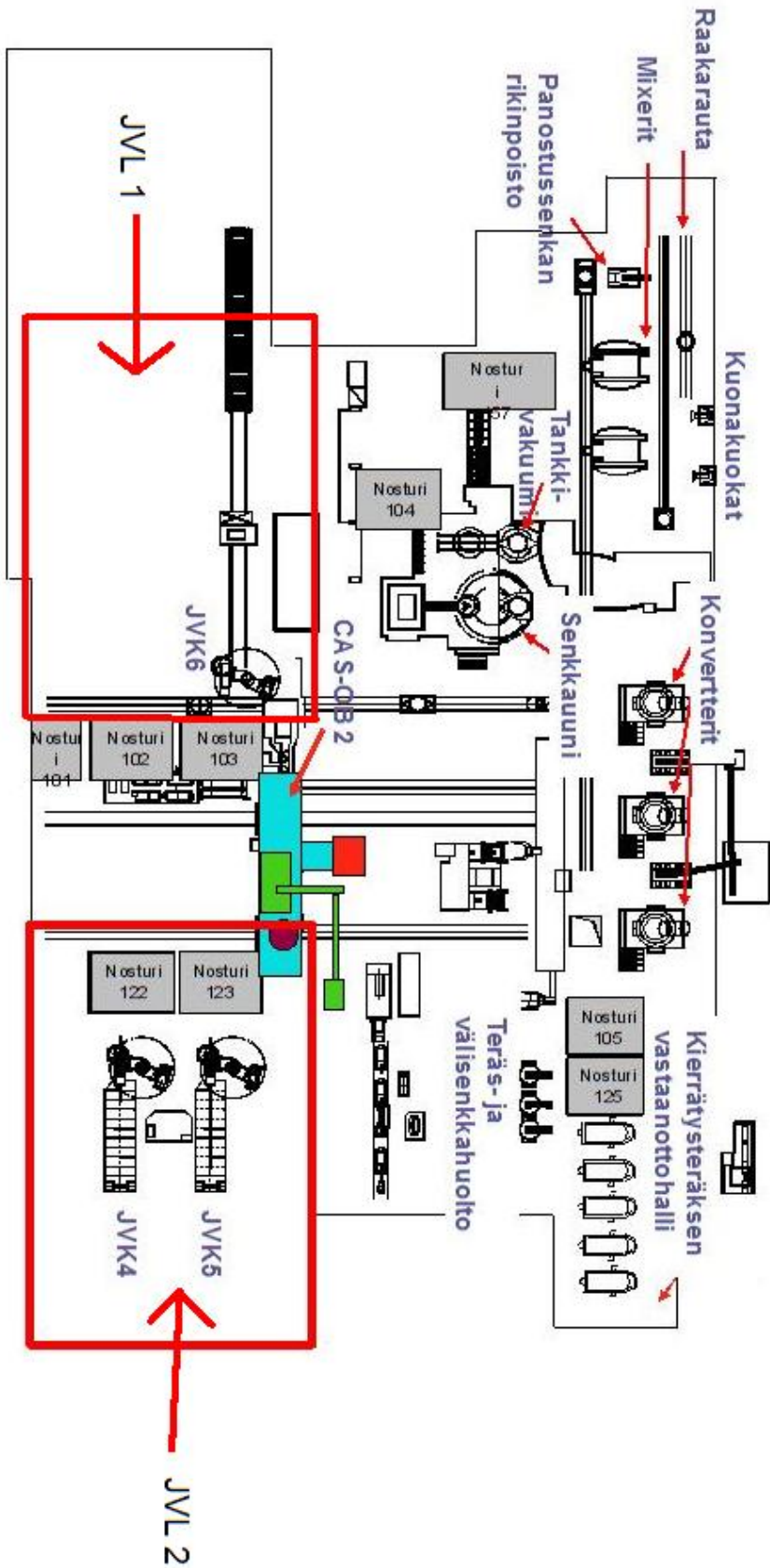
Liite 2. Kriittisyysluokittelun arvosteluperusteet.

Liite 3. Jatkuvalulaitos 2:n kriittisyysluokittelu.

Liite 4. Kaasuleikkauskoneen vikapuumalli.

Liite 5. ELMAS-simuloinnin tulokset.

Terässulaton lay-out



Vikaantumisväli
1 = Pitkä vikaantumisväli esimerkiksi yli 5 vuotta
2 = Pitkähkö vikaantumisväli esimerkiksi 2-5 vuotta
3 = Lyhyehkö vikaantumisväli esimerkiksi 0,5-2 vuotta
4 = Lyhyt vikaantumisväli esimerkiksi 0-0,5 vuotta
Turvallisuusriskit
0 = Ei turvallisuusriskejä (Laitteen vikaantuminen ei aiheuta loukkaantumis- tai terveysvaaraa.)
2 = Vähäinen turvallisuusriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa lievän loukkaantumisen tai sairastumisen.)
4 = Kohtalainen turvallisuusriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa vakavan sairastumisen tai loukkaantumisen, josta jää pysyvä haitta.)
8 = Merkittävä turvallisuusriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin.)
16 = Vakava turvallisuusriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa yhden tai useamman kuolonuhrin ja vakavan vaaratilanteen tehtaan ympäristössä.)
Ympäristöriskit
0 = Ei ympäristöriskkejä (Laitteen vikaantuminen ei aiheuta ympäristön saastumisen vaaraa.)
2 = Vähäinen ympäristöriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa ympäristön likaantumista laitosalueella.)
4 = Kohtalainen ympäristöriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa paikallista laitosalueen saastumista.)
8 = Merkittävä ympäristöriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa laitosalueen ja lähiympäristön saastumista.)
16 = Vakava ympäristöriski (Laitteen vikaantuminen voi aiheuttaa saastumista laitosalueella ja laajalla alueella sen ympäristössä, jonka korjaaminen vaatii suuria taloudellisia panostuksia ja palautuminen voi kestää useita vuosia.)
Tuotannon menetykset
0 = Laitteen toimimattomuudella ei merkitystä osaprosessille tai osastolle
1 = Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston hetkeksi (esimerkiksi $\leq 3\text{ h}$)
2 = Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston lyhyeksi ajaksi (esimerkiksi $\leq 10\text{ h}$)
3 = Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston merkittäväksi ajaksi (esimerkiksi $10 - 24\text{ h}$)
4 = Laitteen toimimattomuus pysäyttää osaprosessin tai osaston pitkäksi ajaksi (esimerkiksi $> 24\text{ h}$)
Laatukustannus
0 = Laitteen toimimattomuus ei aiheuta lopputuotteen laatukustannuksia.
1 = Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 1\text{ h}$)
2 = Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 3\text{ h}$)
3 = Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi $3-8\text{ h}$)
4 = Laitteen toimimattomuus aiheuttaa lopputuotteen laatukustannuksia, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 8\text{ h}$)
Korjaus- tai seurauskustannus
0 = Korjauskustannuksilla tai seurauskustannuksilla ei ole merkitystä suhteessa muihin menetyksiin.
1 = Vähäiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat hetkellistä tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 2\text{ h}$)
2 = Keskimääräiset korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat lyhytaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $\leq 10\text{ h}$)
3 = Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat merkittävää tuotannonmenetystä (esimerkiksi $10-24\text{ h}$)
4 = Korkeat korjauskustannukset tai seurauskustannukset, jotka vastaavat pitkäaikaista tuotannonmenetystä (esimerkiksi $> 24\text{ h}$)

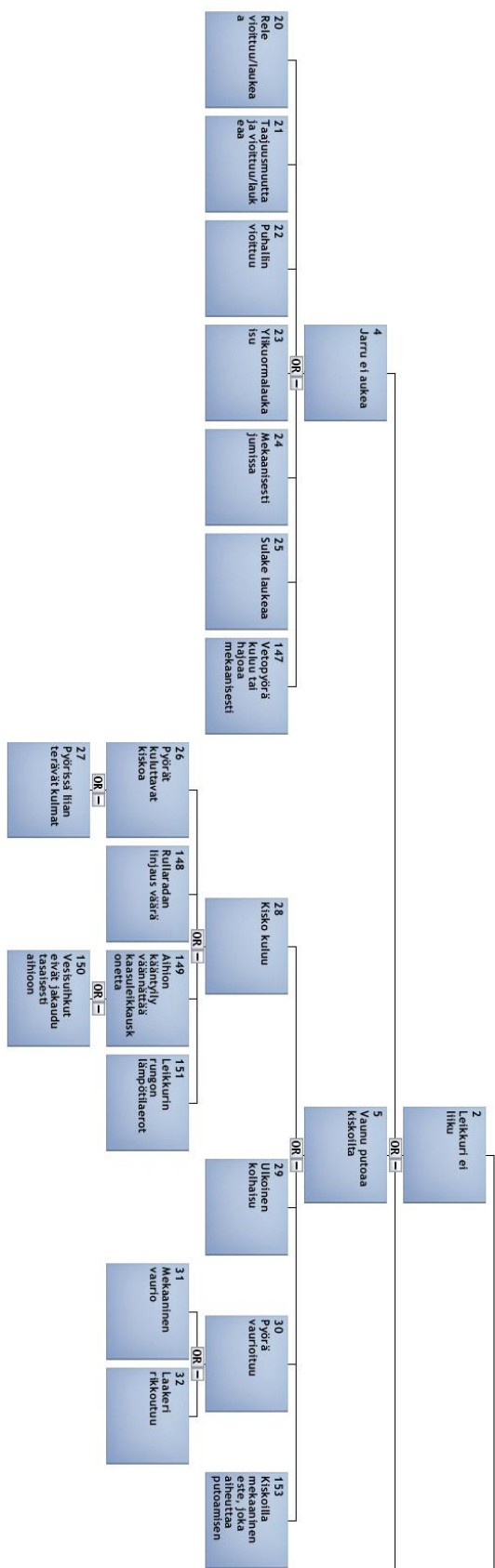
Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012		Laitos Terässiirtolaitteidenvalvainto Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012
Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012		Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012
Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012		Kriittisyysluokittelun kohde Jatkuvaavalaite 2 Tekijät J. Orava, S. Pengerkoski, J. Mattila, K. Lohkoski, R. Penttinen, S. Ojanlatva, A. Karhunen, J. Villanen, P. Virsinen, V. Ajälä Versio 1.2 Paiväys 27.2.2012

Toimintopaikka	Toimintopaikan nimiys	Objektin nimiys	Vikaväli (1...4)	Turvallisuus (0...16)	Ympäristö (0...16)	Tuotannon menetykset (0...4)	Loppu-tuotteen laatu (0...4)	Korjauskustannus (0...4)	Kriittisyysindeksi	Ks	Ke	Kp	Kq	Kr
26-58-0	JVL-2 YHTEISET													
26-58-0-100	JVL-2 PAINELMAPUTKISTOT		2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0
26-58-0-260	JVK-4/5 TYPPIJÄRJESTELMÄ		2	2	0	1	1	2	800	120	80	400	120	80
26-58-0-260	JVL-2 KESKUSVOITELUJÄRJESTELMÄ		4	0	2	2	2	2	460	120	0	200	60	80
26-58-0-400	JVK-4/5 VALUPULVERIN AUTOMAATTINEN SYÖTTIN		4	2	0	0	1	1	1360	0	160	800	240	160
26-58-2	JAAHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ													
26-58-2-010	JAAHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ		3	2	0	3	0	1	440	0	0	0	0	0
26-58-2-020	SUJETTU JÄRJESTELMÄ (KOKILUT)		3	4	0	3	0	2	1140	180	0	900	0	60
26-58-2-030	SUJETTUN JÄRJESTELMÄN LISÄVESIJÄRJESTELMÄ		2	0	0	1	0	1	1380	360	0	900	0	120
26-58-2-040	KONEIDEN JA LAITTEIDEN JAAHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ		3	0	0	3	0	2	240	0	0	200	0	40
26-58-2-050	TOISIOAHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄ (VESI)		4	2	0	2	2	1	1020	0	0	900	0	120
26-58-2-060	HILSEEN HUHTELUJÄRJESTELMÄ (PAINELMÄ)		4	0	0	2	2	1	1360	240	0	800	240	80
26-58-2-070	SUODATTAVAN VEDEN JÄRJESTELMÄ		2	2	0	1	0	0	1120	120	0	200	0	0
26-58-2-076	LISÄVEDEN HUMUKSENPOISTOJÄRJESTELMÄ		4	2	2	2	2	3	320	180	120	600	180	180
26-58-2-077	LIETTEKASITTELY		4	0	2	0	0	1	1840	240	160	1200	0	240
26-58-2-080	VARAARJESTELMÄ		3	4	0	1	0	1	720	0	160	0	0	80
26-58-2-090	ÖLJYNEROTUSLAITTEET		4	0	2	0	0	0	360	0	300	0	0	60
26-58-3	JVK-4													
26-58-3-050	JVK-4 KOKILIN OSKILLOINTILAITE		1	4	0	3	0	3	480	120	0	300	0	0
26-58-3-220	JVK-4 TS NOSTO- JA KÄÄNTÖPOYDÄN HYDR.		3	8	2	1	1	1	1290	720	120	300	90	60
26-58-3-260	JVK-4 NIKK-MAAMPULAATTORIN HYDRAULIIKKA		2	0	0	1	2	0	320	0	0	200	120	0
26-58-3-270	JVK-4 AHIONLEVEYDEN MITTALAITTEET		3	0	0	0	2	2	300	0	0	0	180	120
26-58-3-400	JVK-4 VALUNAUHAN LAMPOTILANMITTAUSLAITTEET													
26-58-3-400-10	JVK-4 VALUNAUHAN LAMPOTILANMITTAUSLAITTEET		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-58-3-400-20	VALUSENKAN LÄMMITYSASEMA		4	4	0	2	0	2	1440	480	0	800	0	160
26-58-3-400-30	JATKETTILÄN LÄMMITIN		4	4	0	2	0	1	1360	480	0	800	0	80
26-58-3-400-35	SEM-TILÄN LÄMMITIN		2	2	0	1	0	0	320	120	0	200	0	0
26-58-3-400-40	SEM-TILÄN KEVENNIN (DAIMECO)		2	2	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0
26-58-3-410	SUHKUSUOJAPUTKEN VAHTOLAITE		4	4	0	1	2	2	1280	480	0	400	240	160
26-58-3-420	JVK-4 TERÄSSENKAN NOSTO- JA KÄÄNTÖPOYTTÄ		2	8	0	2	0	2	960	480	0	400	0	80
26-58-3-430	JVK-4 VALUSENKAN KÄÄNTÖPOYTTÄ		3	4	0	2	0	2	1080	360	0	600	0	120
26-58-3-450	JVK-4 SÄÄDETTÄVÄT KOKILUT													
26-58-3-450-01	JVK-4 SÄÄDETTÄVÄT KOKILUT		4	2	2	1	4	2	1440	240	160	400	480	160
26-58-3-450-10	SEKTIOLOHKO 01		4	0	0	0	0	0	1560	240	0	800	360	160
26-58-3-450-30	SEKTIOLOHKO 02		4	2	0	2	3	2	1560	240	0	800	360	160
26-58-3-450-40	KAARISEKTIOT	5 KPL KONEESSA	4	4	4	4	3	3	2200	480	320	800	360	240
26-58-3-450-50	OIKAISEVÄT SEKTIOT	6 KPL KONEESSA	4	4	4	2	3	3	2200	480	320	800	360	240
26-58-3-450-50	VAAKASUORATSEKTIOT	6 KPL KONEESSA	4	4	4	2	3	3	2200	480	320	800	360	240

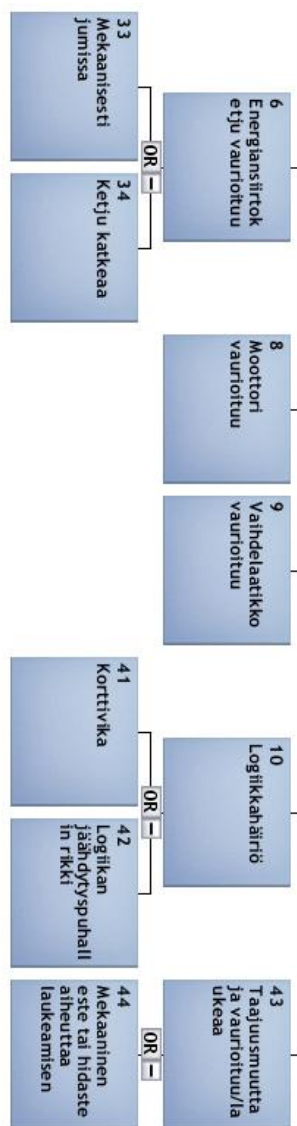
1400
100

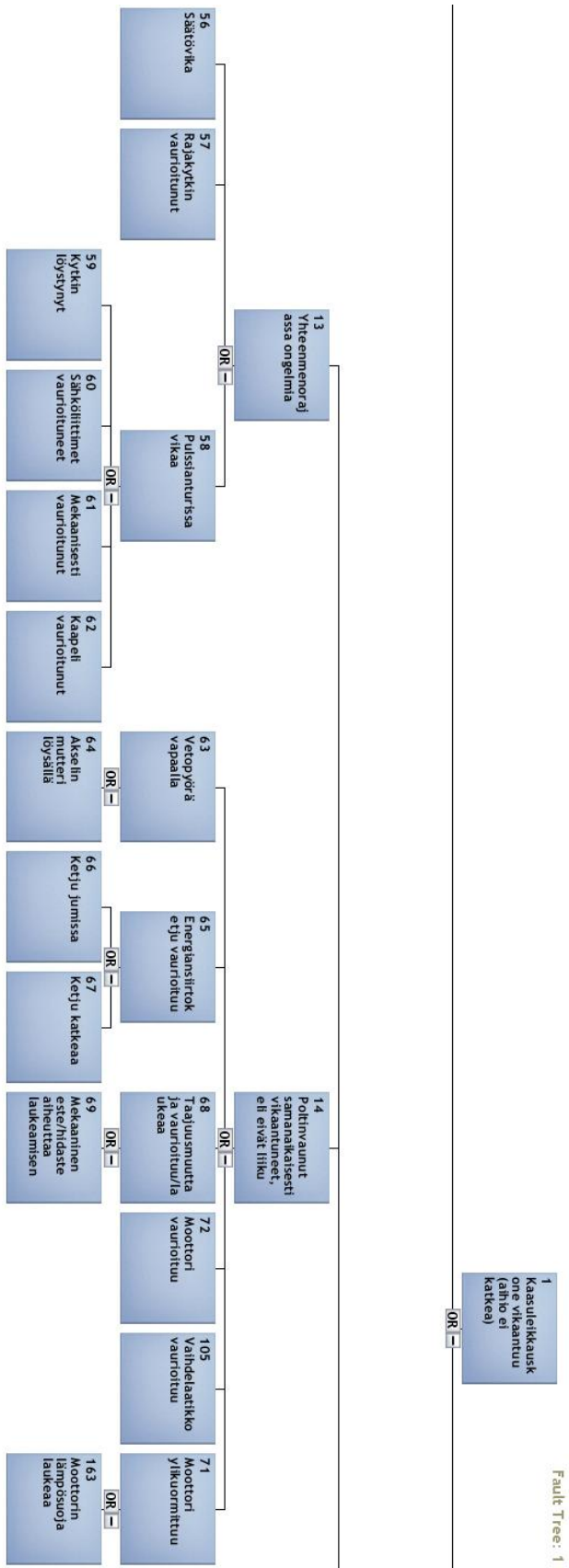
Toimintopaikka	Toimintopaikan nimitys	Objektin nimitys	Vikavai (1...4)	Turvalli- suus (0...16)	Ympäris- to 0...16	Tuotan- non menny- s (0...4)	Loppu- tuotteen laatuks tannus (0...4)	Korjau- s- kustannus (0...4)	Kritti- syy- s- indeksi	Osakeroinnet
26-58-3-450-80	HOYRYNPOISTO SEKTIOALUEETA		3	2	0	2	0	1	840	180 0 600 0 60
26-58-3-460	JVK-4 KYLMAAIHOLAITTEET		2	4	0	2	0	1	680	240 0 400 0 40
26-58-3-460-04	KYLMAAIHON KETJU JA PAAT		4	2	0	1	2	3	1120	240 0 400 240 240
26-58-3-470	JVK-4 RULLARADAT								0	0 0 0 0 0
26-58-3-470-10	VASTAANOTTORULLARATA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-3-470-20	LEIKKAUSALUEEN RULLARATA		4	2	2	0	0	1	1280	240 160 800 0 80
26-58-3-470-30	POISTORULLARATA PIIRI 019464 2 LOHKOA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-3-470-40	SIIVUSIERTOALUEEN RULLARATA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-3-480	JVK-4 KKAASULEIKKAUSKONE		4	8	0	4	1	3	2920	960 0 1600 120 240
26-58-3-490	JVK-4 PAAATYROMUASEMA		4	2	0	0	0	0	240	240 0 0 0 0
26-58-3-500	JVK-4 AIHION MERKKAUUSKONE		4	2	0	1	1	1	840	240 0 400 120 80
26-58-3-520	JVK-4 PAAHYDRAULIIKKA		2	4	2	2	0	1	760	240 80 400 0 40
26-58-3-540	JVK-4 SAADETTAVAN KOKILIN HYDRAULIIKKA		3	2	2	0	0	0	900	180 120 600 0 0
26-58-3-550	JVK-4 KOKILIN PINNANSAASTOHYDR (YHT JVK5)		4	4	0	1	2	1	1200	480 0 400 240 80
26-58-3-560	JVK-4 LUUSTINSULKIMEN HYDRAULIIKKA		4	8	0	1	0	1	1440	960 0 400 0 80
26-58-3-570	JVK-4 PUHKEMENNUSTEEN LAITTEET		4	4	2	1	0	2	1200	480 160 400 0 160
26-58-4	JVK-5								0	0 0 0 0 0
26-58-4-050	JVK-5 KOKILIN OSKILLOITILATE		1	4	0	3	0	3	480	120 0 300 0 60
26-58-4-220	JVK-5 TS NOSTO- JA KAAANTOPYODAN HYDR		3	8	2	1	1	1	1290	720 120 300 90 60
26-58-4-260	JVK-5 NIKK-MANIPULAATTORIN HYDRAULIIKKA = JVK-4		2	0	0	1	2	0	320	0 0 200 120 0
26-58-4-270	JVK-5 AIHION EYEYDEN MITTALAITTEET		3	0	0	0	2	2	300	0 0 0 180 120
26-58-4-280	JVK-5 VALUNUOHAN LAMPOTILAMITTAUSLAITTEET		3	0	0	0	0	0	0	0 0 0 0 0
26-58-4-400	JVK-5 VALUTASON LAITTEET								0	0 0 0 0 0
26-58-4-400-10	VALUSENNAN LAMINITYSASEMA		4	4	0	2	0	2	1440	480 0 800 0 160
26-58-4-400-20	LATKETILEN LAMININ		4	4	0	2	0	1	1360	480 0 800 0 80
26-58-4-400-30	SEM-TILEN LAMININ		2	2	0	1	0	0	320	120 0 200 0 0
26-58-4-400-35	SEM-TILEN KEVENIN (DALMEC)		2	2	0	0	0	0	120	0 0 0 0 0
26-58-4-400-40	SUIHKUNSUOJAPUTKEN VAHTOLAITE		4	4	0	1	2	2	1280	480 0 400 240 160
26-58-4-410	JVK-5 TERAUSENNAN NOSTO-JA KAAANTOPYOTÄ = 040-350		4	8	0	0	0	2	960	480 0 400 0 80
26-58-4-420	JVK-5 VALUSENNAN KAAANTOPYOTÄ		3	4	0	2	0	2	1080	360 0 600 0 120
26-58-4-430	JVK-5 SAADETTAVÄT KOKILIT		4	2	2	1	4	2	1440	240 160 400 480 160
26-58-4-450	JVK-5 SEKTIOALUE								0	0 0 0 0 0
26-58-4-450-01	SEKTIOLOHKO 01		4	2	0	2	3	2	1560	240 0 800 360 160
26-58-4-450-10	SEKTIOLOHKO 02		4	2	0	2	3	2	1560	240 0 800 360 160
26-58-4-450-30	KAARISEKTIOT	5 KPL KONEESSA	4	4	4	4	3	3	2200	480 320 800 360 240
26-58-4-450-40	OKAISUSEKTIOT	3 KPL KONEESSA	4	4	4	2	3	3	2200	480 320 800 360 240
26-58-4-450-50	VAAKASEKTIOT	6 KPL KONEESSA	4	4	4	2	3	3	2200	480 320 800 360 240
26-58-4-450-80	HOYRYNPOISTO SEKTIOALUEETA		3	2	0	2	0	1	840	180 0 600 0 60
26-58-4-460	JVK-5 KYLMAAIHOLAITTEET		2	4	0	2	0	1	680	240 0 400 0 40
26-58-3-460-04	KYLMAAIHON KETJU JA PAAT		4	2	0	1	2	3	1120	240 0 400 240 240
26-58-4-470	JVK-5 RULLARADAT								0	0 0 0 0 0
26-58-4-470-10	VASTAANOTTORULLARATA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-4-470-20	LEIKKAUSALUEEN RULLARATA		4	2	2	0	0	1	1280	240 160 800 0 80
26-58-4-470-30	POISTORULLARATA PIIRI 019464 2 LOHKOA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-4-470-40	SIIVUSIERTOALUEEN RULLARATA		2	0	0	2	0	0	400	0 0 400 0 0
26-58-4-480	JVK-5 KKAASULEIKKAUSKONE		4	8	0	4	1	3	2920	960 0 1600 120 240
26-58-4-490	JVK-5 PAAATYROMUASEMA		4	2	0	0	0	0	240	240 0 0 0 0
26-58-4-500	JVK-5 AIHION MERKKAUUSKONE		4	2	0	1	1	1	840	240 0 400 120 80
26-58-4-520	JVK-5 PAAHYDRAULIIKKA		2	4	2	2	0	1	760	240 80 400 0 40
26-58-4-540	JVK-5 SAADETTAVAN KOKILIN HYDRAULIIKKA		3	2	2	2	0	0	900	180 120 600 0 0

Toimintopaikka	Toimintopaikan nimi	Objektin nimi	Vikavai (1...4)	Turvalli- suus (0...16)	Ymparis- to 0...16	Tuotan- non meney- s(0...4)	Loppu- tuotteen laatuks- tannus (0...4)	Korjau- s- kustannus (0...4)	Kritti- syy- s- indeksi	Osaerotimet
26-58-4-530	JVK-5 KOKILIN PINNANSÄÄTOHYDR (YHT JVK4)		4	4	0	1	2	1	1200	480 0 400 240 80
26-58-4-560	JVK-5 LUJSTINSULKIMEN HYDRAULIIKKA		4	8	0	1	0	1	1440	960 0 400 0 80
26-58-4-570	JVK-5 PUHKEMANENNUSTEEN LAITTEET		4	4	2	1	0	2	1200	480 160 400 0 160
26-58-5	AHIOIDEN SIIRTOLAITTEET									
26-58-5-010	JVL-2 RULLARATAVAVUNU		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-020	KERÄYSRULLARADAT LOHKOT 1 JA 2		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-030	KERÄYSRULLARADAT LOHKOT 3 JA 6		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-040	KERÄYSRULLARADAT LOHKOT 4,5,7 JA 8		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-130-06	AHIOIDEN PARRANPOISTO		3	0	0	0	1	1	150	0 0 0 90 60
26-58-5-130-07	AHIOVAAKA JVL-2		2	0	0	0	1	0	60	0 0 0 0 60
26-58-5-140-04	TYÖNTOLAITTE 1		3	0	0	1	0	1	360	0 0 300 0 60
26-58-5-140-05	VÄLPOYTÄ 1		1	0	0	1	0	1	120	0 0 100 0 20
26-58-5-140-06	NIPUTUSPÖYTÄ 1		2	0	0	1	0	1	240	0 0 200 0 40
26-58-5-140-07	LASTAUSPÖYTÄ 1		1	0	0	1	0	1	120	0 0 100 0 20
26-58-5-150-01	RULLARATALOHKO 9		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-150-02	RULLARATALOHKO 10		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-150-03	RULLARATALOHKO 11		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-150-04	RULLARATALOHKO 12		2	0	0	0	0	1	40	0 0 0 0 0
26-58-5-150-05	TYÖNTOLAITTE 2		3	0	0	1	0	1	360	0 0 300 0 60
26-58-5-150-06	VÄLPOYTÄ 2		1	0	0	1	0	1	120	0 0 100 0 20
26-58-5-150-07	NIPUTUSPÖYTÄ 2		2	0	0	1	0	1	240	0 0 200 0 40
26-58-5-150-08	LASTAUSPÖYTÄ 2		1	0	0	1	0	1	120	0 0 100 0 20
26-58-5-200	AHIOVAUNU 1 (POHJONEN)		4	2	0	1	0	1	720	240 0 400 0 80
26-58-5-210	AHIOVAUNU 2 (ETELÄINEN)		4	2	0	1	0	1	720	240 0 400 0 80
26-58-8-005	NOSTURI N.O 120 (64 T. ETELÄPÄÄ)		4	4	0	1	0	2	1040	480 0 400 0 160
26-58-8-010	NOSTURI N.O 121 (64 T. POHJAPÄÄ)		4	4	0	1	0	2	1040	480 0 400 0 160
26-58-8-015	NOSTURI N.O 122 (200/60 T)		4	8	2	2	0	2	2080	960 160 800 0 160
26-58-8-020	NOSTURI N.O 123 (200/60 T)		4	8	2	2	0	2	2080	960 160 800 0 160
26-58-8-040	NOSTURI N.O 162 55 T AUTOMAATT SILTANOSTURI		4	2	0	3	0	3	1680	240 0 1200 0 240



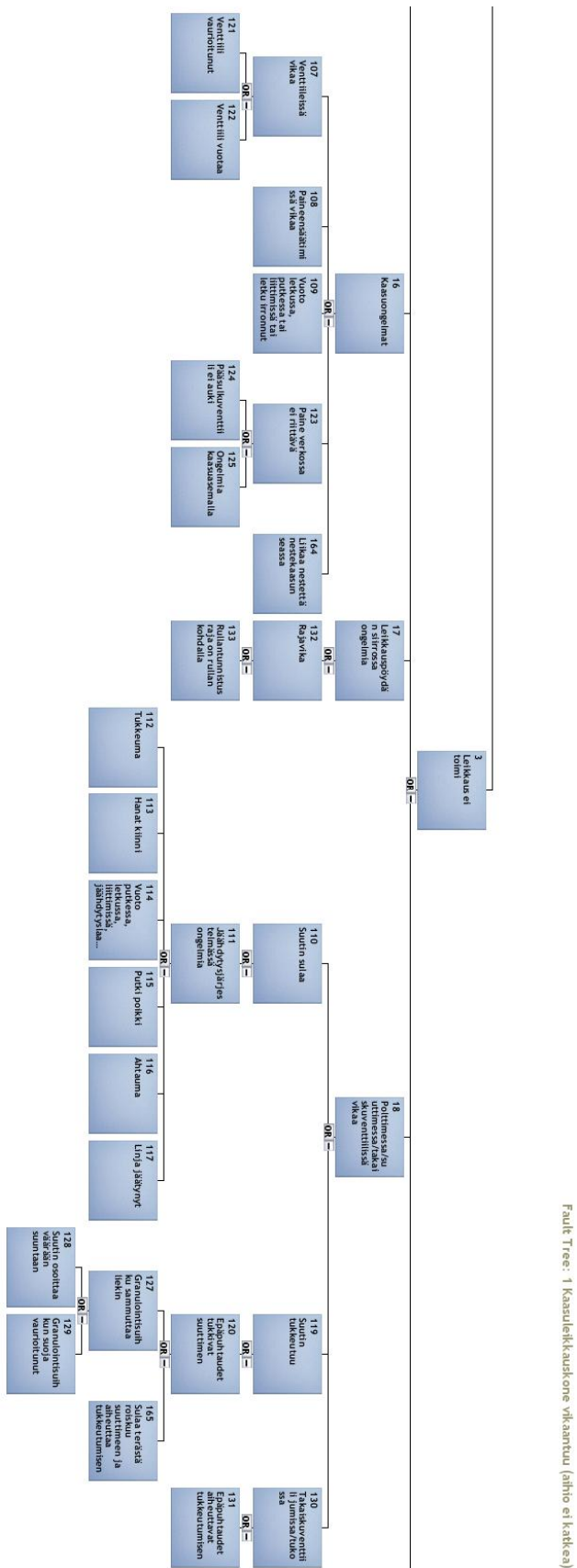
Fault Tree: 1 Kaasuleikkauskone vikantuu (aiho)

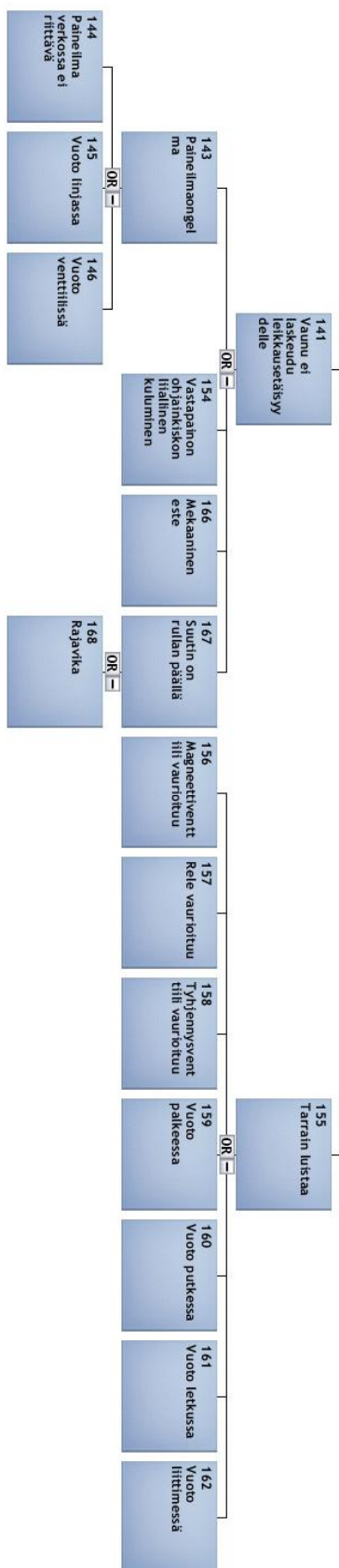




KAASULEIKKAUSKONEEN VIKAPUUMALLI

LIITE 4 (4/5)





Fault Tree: 1 Kaasuleikkauskone vikaantuu (ahtio ei katkea)

Analysointi: Simulointi

Käytettävyys Epäluotettavuus Keskim. kestot Simulointijakso

Käytettävyys

Tulosten tyyppi: Osuus ajasta

ID	Nimi	OK (%) ,	Korjaus (%)
1	Kaasuleikkauskone vikaantuu (aiho ...	99.2082	0.7918
3	Leikkaus ei toimi	99.4684	0.5316
2	Leikkuri ei liiku	99.7384	0.2616
18	Polttimessa/suuttimessa/takaiskuve...	99.8281	0.1719
110	Suutin sulaa	99.8699	0.1301
111	Jäähdytysjärjestelmässä ongelmia	99.8699	0.1301
16	Kaasuongelmat	99.8746	0.1254
4	Jarru ei aukea	99.8911	0.1089
155	Tarrain luistaa	99.91428	0.08572
164	Liikaa nestettä nestekaasun seassa	99.92962	0.07038
5	Vaunu putoaa kiskoilta	99.9404	0.0596
20	Rele vioittuu/laukeaa	99.94328	0.05672
14	Polttinvaunut samanaikaisesti vikaant...	99.94957	0.05043
141	Vaunu ei laskeudu leikkausetäisyydelle	99.95136	0.04864
13	Yhteenmenorajassa ongelmia	99.95321	0.04679
115	Putki poikki	99.95437	0.04563
119	Suutin tukkeutuu	99.95812	0.04188
120	Epäpuhtaudet tukkivat suuttimen	99.95812	0.04188
58	Pulssianturissa vikaa	99.96016	0.03984
6	Energiansiirtokeiju vaurioituu	99.96201	0.03799
127	Granulointisuihku sammuttaa liekin	99.96547	0.03453
109	Vuoto letkussa, putkessa tai liittimiss...	99.96575	0.03425
159	Vuoto palkeessa	99.97126	0.02874
65	Energiansiirtokeiju vaurioituu	99.97139	0.02861
160	Vuoto putkessa	99.97179	0.02821
28	Kisko kuluu	99.97373	0.02627
129	Granulointisuihkun suoja vaurioitunut	99.97691	0.02309
116	Ahtauma	99.97698	0.02302
30	Pyörä vaurioituu	99.97702	0.02298
43	Taajuusmuuttaja vaurioituu/laukeaa	99.9773	0.0227
44	Mekaaninen este tai hidaste aiheutt...	99.9773	0.0227
117	Linja jäätynyt	99.97765	0.02235
143	Paineilmaongelma	99.97767	0.02233
112	Tukkeuma	99.97795	0.02205
34	Ketju katkeaa	99.98096	0.01904
33	Mekaanisesti jumissa	99.98105	0.01895
10	Logiikkahäiriö	99.98259	0.01741
67	Ketju katkeaa	99.98552	0.01448
66	Ketju jumissa	99.98587	0.01413
154	Vastapainon ohjainkiskon liallinen kul...	99.9874	0.0126
31	Mekaaninen vaurio	99.98827	0.01173
41	Korttivika	99.98834	0.01166
61	Mekaanisesti vaurioitunut	99.98843	0.01157
25	Sulake laukeaa	99.98847	0.01153
107	Venttileissä vikaa	99.98853	0.01147
22	Puhallin vioittuu	99.98854	0.01146
114	Vuoto putkessa, letkussa, liittimissä,...	99.98854	0.01146
128	Suutin osoittaa väärään suuntaan	99.98855	0.01145
59	Kytkin löystynyt	99.98863	0.01137
167	Suutin on rullan päällä	99.98871	0.01129
168	Rajavika	99.98871	0.01129
32	Laakeri rikkoutuu	99.98874	0.01126
21	Taajuusmuuttaja vioittuu/laukeaa	99.98875	0.01125

Analyysointi: Simulointi

Profilii
Simulointi
Perustiedot
Ehdollinen
Tärkeys
Riskit
Linja

Suhteelliset riskit LCC Komb.riskit Henkilöresurssit
Kokonaisuus Solmujen riskit Alipuiden riskit

Solmujen riskit

Tarkasteltava jakso: 5 a

Näytä rivit joissa riski on nolla:

ID	Nimi	Korjaus (€)
20	Rele vioittuu/laukeaa	7 461
34	Ketju katkeaa	3 918
33	Mekaanisesti jumissa	3 838
115	Putki poikki	3 740
9	Vaihdelaatikko vaurioituu	2 881
8	Moottori vaurioituu	2 831
129	Granulointisuihkun suoja vaurioitunut	2 510
109	Vuoto letkussa, putkessa tai liittimissä tai letku irr...	2 497
131	Epäpuhtaudet aiheuttavat tukkeutumisen	2 485
105	Vaihdelaatikko vaurioituu	2 271
22	Puhallin vioittuu	2 177
72	Moottori vaurioituu	2 072
114	Vuoto putkessa, letkussa, liittimissä, jäähdytyslaa...	2 026
32	Laakeri rikkoutuu	1 987
31	Mekaaninen vaurio	1 949
116	Ahtauma	1 856
117	Linja jäätynyt	1 844
112	Tukkeuma	1 838
159	Vuoto palkeessa	1 784
147	Vetopyörä kuluu tai hajoaa mekaanisesti	1 768
164	Liikaa nestettä nestekaasun seassa	1 515
160	Vuoto putkessa	1 475
128	Suutin osoittaa väärään suuntaan	1 363
122	Venttiili vuotaa	1 253
121	Venttiili vaurioitunut	1 218
156	Magneettiventtiili vaurioituu	1 193
154	Vastapainon ohjauksen liiallinen kuluminen	1 190
61	Mekaanisesti vaurioitunut	1 152
113	Hanat kiinni	1 110
42	Logiikan jäähdytyspuhallin rikki	1 062
44	Mekaaninen este tai hidaste aiheuttaa laukeamisen	1 043
59	Kytin löystynyt	986
67	Ketju katkeaa	976
108	Paineensäätimissä vikaa	952
66	Ketju jumissa	944
62	Kaapeli vaurioitunut	759
158	Tyhjennysventtiili vaurioituu	748
145	Vuoto linjassa	656
165	Sulaa terästä roiskuu suuttimeen ja aiheuttaa tuk...	618
57	Rajakytin vaurioitunut	551
21	Taajuusmuuttaja vioittuu/laukeaa	538
41	Korttivika	530
157	Rele vaurioituu	512
168	Rajavika	508
161	Vuoto letkussa	507
27	Pyörissä liian terävät kulmat	394
60	Sähköliittimet vaurioituneet	374
162	Vuoto liittimissä	365
144	Paineilma verkossa ei riittävä	342
146	Vuoto venttiilissä	338
29	Ulkoinen kolhaisu	302