



Tuomas Loppi

Tuotannon vikakorjausaikojen lyhentäminen tehokkaan varaosa- hallinnan avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

30.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Tuomas Loppi
Otsikko:	Tuotannon vikakorjausaikojen lyhentäminen tehokkaan varaosahallinnan avulla
Sivumäärä:	41 sivua + 2 liitettä
Aika:	30.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaajat:	Tehdaspäällikkö Miika Veteläinen, Rudus Oy Lehtori Pekka Hirvonen

Opinnäytetyön päätavoitteena oli lyhentää vikojen aiheuttamaa korjausseisokkiaikaa tunneista minuuteiksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli perustaa kunnossapitojärjestelmään varaosanimikkeet koko tuotantoprosessin näkökulmasta. Varaosille oli tarkoituksena määrittää hyllypaikat varaosavarastossa. Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää eri osaprosessien kriittiset varaosat. Vikakorjausaikojen lyhentämiseen päästiin prosessin varaosien kriittisyyden ja varaosapaikan määrittämisen sekä hälytysrajan avulla. Kriittisyys määriteltiin käyttäen apuna FMEA- ja VED-analyysimenetelmiä. Työ toteutettiin Rudus Oy:lle.

Työssä kunnossapitojärjestelmästä ajettiin ensin ulos inventaariolista varaosista ja verrattiin sitä varaosavarastosta löytyviin varaosiin ja määriin. Puuttuvat varaosat perustettiin kunnossapitojärjestelmään. Kun kaikki varaosat oli perustettu kunnossapitojärjestelmään, tehtiin tuotantoprosessille nykytilan kartoitus. Työssä käytettiin apuna prosessin eri osioiden kriittisten komponenttien määrittämiseen kunnossapitojärjestelmän ja tuotannonseurantajärjestelmän tuottamaa dataa. Dataa verrattiin työntekijöiltä saatuihin tietoihin. Kartoituksen pohjalta pystyttiin määrittämään varaosien kriittisyys ja hälytysrajat. Kriittisyysanalyysin pohjalta saatiin käsitys, mikä varaosatilanne varaosavarastossa tällä hetkellä on.

Vikaseisokkiajan lyhenemistä ei konkreettisesti pystytty todistamaan, mutta analyysin pohjalta saatiin käsitys varaosista, joita tulee olla hyllyssä vikojen varalta. Tämän ansiosta vikaseisokkiaika lyhenee jopa tunneilla, koska varaosaa ei tarvitse tilata toimitajalta vian tapahtuessa.

Avainsanat: Kunnossapito, kriittisyysanalyysi, kunnossapitojärjestelmä

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Tuomas Loppi
Title: Reducing the Lead Time for Production Defect Repairs Through Efficient Spare Parts Management
Number of Pages: 41 pages + 2 appendices
Date: 30 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical engineering
Professional Major: Manufacturing and Production Technology
Supervisors: Miika Veteläinen, Plant manager, Rudus Oy
Pekka Hirvonen, Senior Lecturer

The main objective of the thesis was to reduce the repair downtime caused by faults from hours to minutes. The aim of the thesis was to establish spare parts nomenclature in the maintenance system from the point of view of the whole production process. The aim was also to determine the shelf locations for the spare parts in the spare parts warehouse as well as to determine the critical spare parts for the different sub-processes. The reduction of repair times was achieved by determining the criticality of the spare parts in the process, by determining the spare part location and by setting an alarm limit. The criticality was determined using FMEA and VED analysis methods. The work was carried out for Rudus Oy.

The work involved first running an inventory list of spare parts out of the maintenance system and comparing it with the spare parts and quantities in the spare parts inventory. The missing spare parts were entered into the maintenance system. Once all spare parts had been set up in the maintenance system, a status mapping of the production process was carried out. The work used the data generated by the MRO system and the production monitoring system to identify the critical components in the different parts of the process. The data was compared with information from the workers. The mapping allowed to determine the criticality and alarm limits of the spare parts. The criticality analysis highlighted the current spare parts situation in the spare parts warehouse.

It was not possible to concretely prove the reduction of the downtime, but the analysis provided information of the spare parts that should be on the shelf in case of failures. As a result, the downtime is reduced by up to hours, as there is no need to order a spare part from a supplier when a failure occurs.

Keywords: Maintenance, criticality analysis, maintenance system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tavoitteet	1
1.2	Rudus Oy	1
2	Kunnossapidon määritelmä	2
2.1	Määritelmä standardien mukaan	2
2.2	Kunnossapitolajien jaottelu	4
2.3	Tuotanto-omaisuuden hoitaminen	6
2.4	Huolto	7
2.5	Ehkäisevä kunnossapito	8
2.6	Korjaava kunnossapito	9
2.7	Parantava kunnossapito	10
2.8	Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen	11
3	Analyysimenetelmät	11
3.1	ABC-analyysi	11
3.2	Tilauspistemalli	13
3.3	VED-analyysi	14
3.4	FMEA	15
3.5	XYZ-analyysi	16
3.6	Kriittisyysanalyysi	16
3.7	Kriittisyysarvioinnin tekemisen vaiheet	17
3.8	Nykytila-analyysi	17
4	Betonikiven valmistusprosessi	18
5	Nykytilan kartoitus	20
5.1	Toiminta häiriötilanteessa	21
5.2	Osaprosessikohtaiset häiriöt	22
5.3	Häiriöihin kulunut aika ja sen jakautuminen	27
6	Kunnossapitojärjestelmä (Novi by Pinja)	29
6.1	Varaosan hallinta kunnossapitojärjestelmässä	29

6.2	Varaosan vienti ja otto varastosaldolla	31
7	Varaosien kriittisyyden määrittäminen	32
7.1	Varaosien kriittisyyden määrittäminen	32
8	Tulokset	33
8.1	Käytännön tulokset	33
8.2	VED-analyysin tulokset	34
8.3	Johtopäätökset	35
8.4	Kehitysehdotukset	36
9	Yhteenveto	38
	Lähteet	40
	Liitteet	
	Liite 1: Ennakkohuoltojaksolla 2022–2023 vaihdetut komponentit	
	Liite 2: Excel-kriittisyysluokittelu	

Lyhenteet

ERP: *Enterprise resource planning*. Yrityksen keskeisten liiketoimintaprosessien hallitsemiseen luotu ohjelmisto.

SAP: *System Analysis Program*. Liiketoimintaprosessin hallinta ohjelmisto.

FMEA: *Failure Mode and Effects Analysis*. Vika- ja vaikutusanalyysi.

VED: *Vital, essential, and desirable*. välttämätön, keskeinen, suotava.

1 Johdanto

Rudus Oy:n Ristikiven-maisematuotetehtaalla on kaksi betonikivituotantolinjaa. Tässä insinööriyössä keskityttiin päällystekivilinjaan. Päällystekivilinjan varaosia on lisätty satunnaisesti kunnossapitojärjestelmään (Novi by Pinja), mutta varaosarekisteri on puutteellinen. Varaosille ei ole määritetty omaa hyllypaikkaa varaosavarastossa. Varaosille ei ole tehty kriittisyysanalyysia, jonka avulla pystyttäisiin määrittämään hälytysrajat varaosille. Tähän asti kesken kauden tapahtuvan laiterikon korjaamiseen tarvittavan osan etsimiseen on saattanut mennä turhaa aikaa, koska varaosalle ei ole määritetty tiettyä paikkaa varaosavarastossa. Myös varaosan oleminen varastossa on täytynyt käydä varmistamassa varastosta. Riskiksi on muodostunut se, löytyykö juuri kyseistä osaa hyllystä tai onko osan tilaaminen valmistajalta tai tukkurilta tarpeeksi nopeaa, niin että välttään tuotantotappioita. Työn tarkoituksena on varmistua siitä, että tulevaisuudessa kesken kauden tulevat laiterikot eivät pysäyttäisi koko tuotantolinjaa pidemmäksi aikaa, kuin korjauksen tekeminen vaatii aikaa.

1.1 Työn tavoitteet

Opinnäytetyössä tarkasteltava tuotekone, jolle varaosien kriittisyyskartoitusta tehdään, on päällystekivikone. Työn tavoitteena on vähentää vikojen aiheuttamaa korjausseisokkiaikaa vian mukaan tunneista minuutteihin. Tavoitteena on varaosien tehokas ja täsmällinen hallinta kunnossapitojärjestelmässä (Novi by Pinja) ja hälytysrajojen asettaminen varaosavaraston määrälle. Tehtävänä on myös määrittää varaosille omat paikat varaosavarastossa.

1.2 Rudus Oy

Ruduksen juuret ulottuvat aina vuoteen 1897. Vuonna 1897 nimenä toimi Lohjan Kalkkitehdas Osakeyhtiö. Kiviainestoiminta alkoi, kun Lohjan Kalkkitehdas Osakeyhtiö osti enemmistön helsinkiläisestä vuonna 1931 perustetusta Oy Rudus Ab:sta. Valmisbetonituotannon yritys aloitti ensimmäisenä Suomessa

vuonna 1958. Betonituotteiden valmistus alkoi 1960-luvulla. Kiviaineksen kierrätys ja murskaus sekä Baltian ja Viron toiminta alkoivat 1990-luvulla. Vuonna 1975 nimi Lohjan Kalkkitehdas Osakeyhtiö lyhennettiin Oy Lohja Ab:ksi. Vuonna 1993 nimi muutettiin Lohja Rudus Oy:ksi omistajavaihdon yhteydessä. Uusin lyhennetty nimi Rudus Oy otettiin käyttöön 1.1.2008. (Rudus historiaa.)

Rudus on kuulunut vuodesta 1999 lähtien maailmanlaajuiseen rakennusmateriaalialalla toimivaan irlantilaiseen CRH-konserniin. CRH toimii 28 maassa ja työllistää 71 000 ihmistä 3 200 toimipisteessä. CRH on Pohjois-Amerikan suurin rakennusmateriaalialan yritys ja maailmanlaajuisesti maailman toiseksi suurin.

Rudus on kivipohjaisten rakennusmateriaalien toimittaja. Yritys toimittaa valmisbetonia, kiviaineksia, betonituotteita sekä kierrätystuotteita. Rudus toimii Suomessa ja Virossa. Ruduksen tuotteet ovat mukana kaikessa rakentamisessa aina ympäristöstä, infraan ja talorakentamiseen. Rudus on sitoutunut nolla tapaturmaa -periaatteeseen. Rudus haluaa olla yksi osa päästötöntä rakentamista. (Rudus-konserni.)

2 Kunnossapidon määritelmä

Tässä luvussa esitellään kunnossapidon määrittely ja jaottelu eri standardien näkökulmasta. Lisäksi kuvataan, mitä eri kunnossapitolajit pitävät sisällään.

2.1 Määritelmä standardien mukaan

Standardin SFS-EN 13306:n (2017: 5) mukaan kunnossapito tarkoittaa kaikkia laitteen elinkaaren aikaisia hallinnollisia, liikejohdollisia ja teknisiä toimenpiteitä, joiden tavoitteena on palauttaa laitteen toimintakyky vaaditulle tasolle. Yritysten tulee huomioida kunnossapitostrategiassa myös turvallisuus ja muut pakolliset vaatimukset sekä ympäristövaikutukset. (Järviö & Lehtiö 2017: 17.)

SFS-EN 15341:2022 ei määrittele kunnossapitoa suoraan, mutta kuvaa sitä seuraavasti: Kunnossapidon suorituskyky muodostuu tarkasti kohdennettujen resurssien käytöstä, joiden tuloksena laitteen suorituskyky pysyy mahdollisimman korkeana ja asetetut tavoitteet täytetään. (SFS-EN 15341:2022: 6.)

Kunnossapidon suorituskykyyn vaikuttaa sisäiset ja ulkoiset tekijät. Tällaisia tekijöitä ovat: kulttuuri, sijainti, koko, käyttöaste, ikä ja toiminta- ja palveluprosessi. Paras kunnossapidon suorituskyky saavutetaan, kun yhdistetään kaikki eri kunnossapitotavat keskenään ja tehdään niistä yksilöllinen ja tarkasti perusteltu kokonaisuus laitteelle. (Järviö & Lehtiö, 2017: 17.)

PSK 6201 (2011: 3) määrittelee kunnossapidon niin, että se on kaikkien niiden hallinnollisten, teknisten ja johtamisen toimenpiteet, joiden tarkoituksena on pitää ennallaan kohteen tila tai ennallistaa se. Tila mihin laite halutaan palauttaa, on sellainen, jossa se pystyy suorittamaan määrätyn toiminnon elinjaksonsa aikana. Alla olevat käsitteet ovat keskeisessä osassa kunnossapidossa.

Käytöllä tarkoitetaan tuotannossa toteutuneita välittömiä toimenpiteitä, kuten prosessinohjausta ja koneiden käyttöä. Käyttöön saattaa kuulua myös prosessin, tuotteen tai muiden tuotannonkannalta kriittisten komponenttien tai työkalujen vaihto.

Käyttöhenkilöstön työtehtäviin päivittäisen käytön lisäksi kuuluu kohteen käyttökunnon tarkkailu päivittäisessä toiminnassa. Käyttöhenkilöstön tehtäviin kuuluu myös kaikki huoltosuunnitelman mukaiset toimenpiteet, kuten voitelut, tarkastukset ja puhdistukset. Tuotantokyvyn seuranta kutsutaan käynnissä pidoksi.

Parannuksella tarkoitetaan toimenpidettä, jonka tarkoituksena on kehittää, laitteen luotettavuutta, kunnossapidettävyyttä ja erityisesti turvallisuutta.

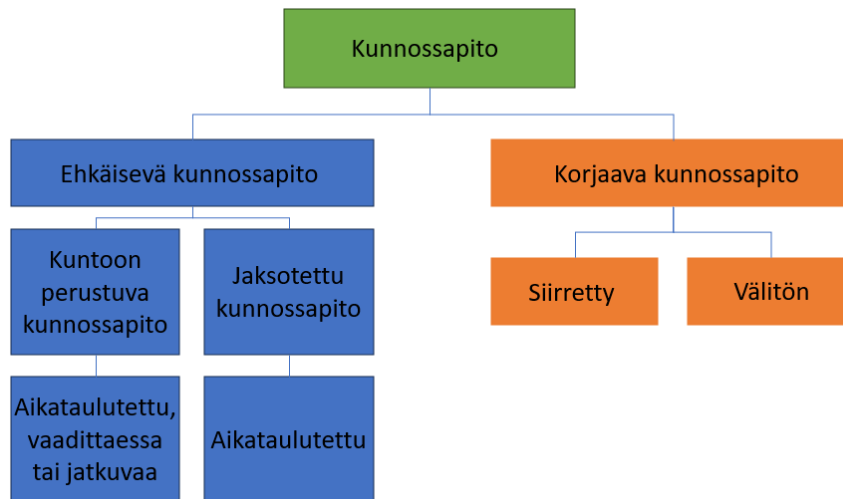
Kunnossapito on nimensä mukaisesti tuotanto-omaisuuden toimintavarmuuden ylläpitämistä. Kunnossapito pitää sisällään kaikki huollot, tarkastukset ja korjaavat toimenpiteet, jotka laitteelle tehdään sen elinkaaren aikana.

Yritys on investoinut laitteen tekemään tiettyä tehtävää. Tämä ”tekemään”, on se toimenpide, jonka toimintavarmuudesta kunnossapitäjät vastaavat. Määritelmän mukaan kunnossapitoon kuuluu seuraavat asiat:

- Käyttö ja kunnossapitotaitojen kehittäminen
- Laitteen toimintakunnon ylläpitäminen
- Oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen
- Laitteen käytön turvallisuus
- Laitteen laaduntuottokyky
- Koneen modernisointi
- Palauttaminen alkuperäiseen kuntoon
- Suunnitteluheikkouksien korjaaminen
- Laitteen elinjakson hallinta (määritetään kuinka paljon, laitteella on elinkaarta vielä jäljellä)
- Laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointi ja johtopäätösten tekeminen. (PSK 6201:2011: 3.)

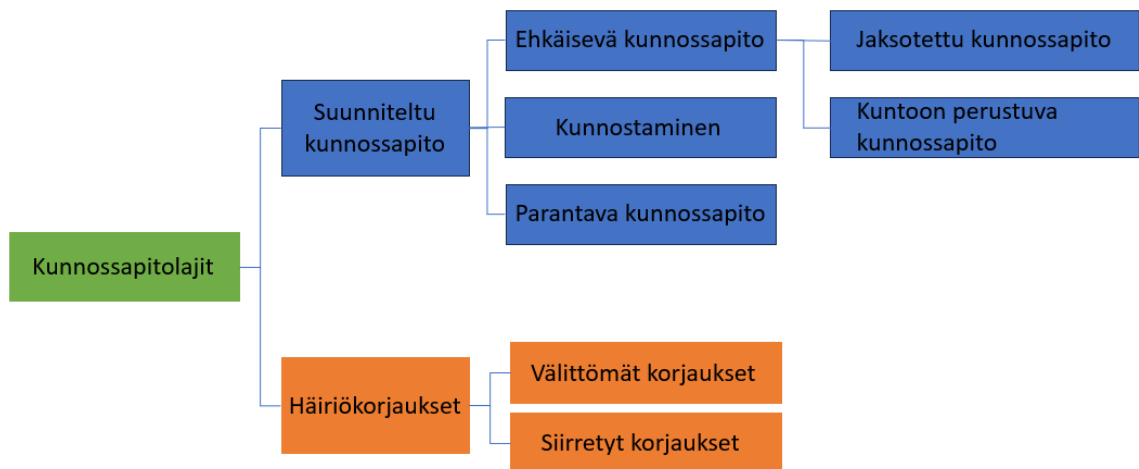
2.2 Kunnossapitolajien jaottelu

SFS-EN 12206 (2017: 14) Kunnossapitotoimenpiteet jaetaan vian havaitsemisen perusteella. Vian määritelmä on tila, jossa laite ei pysty suorittamaan sille määritettyä toimintoa. Ehkäisevä kunnossapito kattaa kaikki huoltotoimenpiteet, jotka suoritetaan ennen vian syntymistä. Voidaan siis todeta, että jako vastaa ammattikirjallisuuden proaktiivinen-reagoivajakoa, vaikkei sitä ole näin selkokielellä ilmaistu. (Järviö & Lehtiö 2017: 46). Jako on esitetty kuvassa 1.



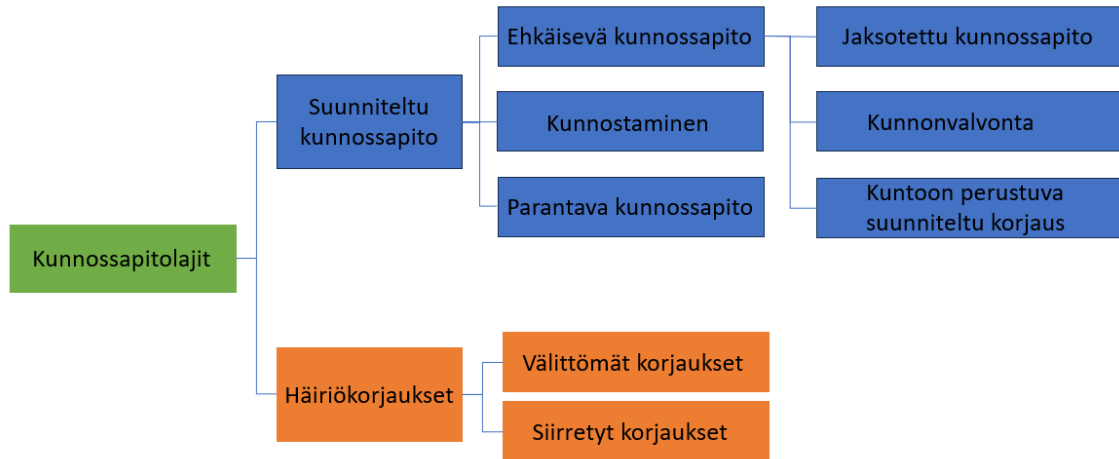
Kuva 1. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306:2017: 14).

PSK 6201:2011. standardissa kunnossapitolajeja tarkastellaan hieman eri näkökulmasta jakaen ne sen mukaan ovatko ne suunniteltuja vai aiheutuuko niistä tuotantohäiriö (Järviö & Lehtiö 2017: 47). Jako on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Kunnossapitolajit (PSK 6201:2011: 40).

PSK 7501:2010 on ensimmäisenä julkaistu näistä kolmesta uudistetusta jaotteluperusteesta. Jaotteluperuste on sama kuin standardissa PSK 6201:2011. Jakotapa on sama kuin englanninkielisessä ammattikirjallisuudessa, eli jaotteluna toimii proaktiivinen ja reagoiva kunnossapito. (Järviö & Lehtiö 2017: 47). Jako on esitetty kuvassa 3.

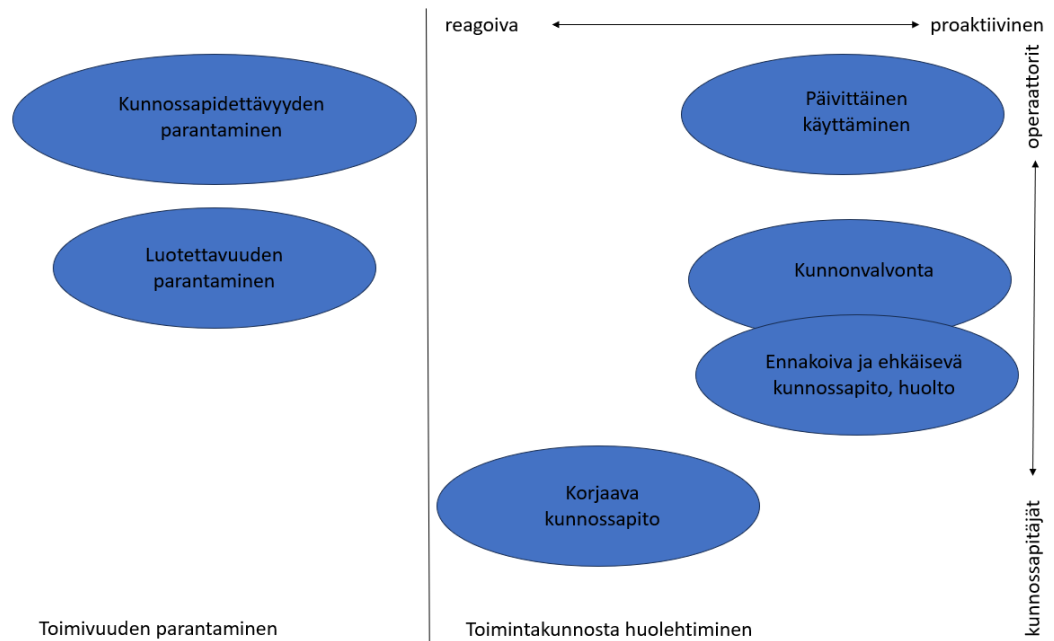


Kuva 3. Kunnossapitolajit (PSK 7501:2010: 32).

2.3 Tuotanto-omaisuuden hoitaminen

Kuvan 4 mukaan tuotanto-omaisuuden hoitamiseen kuuluu myös muita toimenpiteitä kuin kunnossapito. Nämä muut tekemiset voidaan jaotella viiteen pääryhmään, jotka ovat

- korjaava kunnossapito
- huolto
- parantava kunnossapito
- vikojen ja vikaantumisen selvittäminen
- ehkäisevä kunnossapito.



Kuva 4. Tuotanto-omaisuuden hoitamisen osa-alueet (Järviö & Lehtiö 2017: 15).

Huoltojen tarkoituksena on ylläpitää laitteiden toimintakuntoa. Ehkäisevän kunnossapidon alle kuuluvat kunnonvalvonta, jaksotettu kunnostaminen, ennustava kunnossapito ja kuntoon perustuva kunnossapito. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy kunnostaminen ja korjaaminen. Parantavaan kunnossapitoon kuuluu sellaiset toimenpiteet, joiden avulla esimerkiksi prosessin käyttöastetta parannetaan tai pullonkaula poistetaan. Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen alle kuuluu kaikki sellainen toiminta, jonka tarkoituksena on ymmärtää juurisyy jokin vian tai vikaantumisen aiheutumiselle. Vian ja vikaantumisen selvityksen pohjalta voidaan myös tehdä parantavia kunnossapitotoimia. (Järviö & Lehtiö 2017: 15.)

2.4 Huolto

Huolto on yksi osa jaksotettua kunnossapitoa. Huolto pitää sisällään säädön, tarkastusten tekemisen, rasvaamisen, puhdistukset, öljynvaihdot, suodattimien vaihtamisen ja muut huoltosuunnitelman mukaiset toimenpiteet (PSK 6201:2011: 4). Standardi SFS-EN 13306:2017 ei määrittele huoltoa ollenkaan.

Huoltamisen tarkoituksena on ylläpitää laitteen käyttöominaisuuksia. Huollon tarkoituksena voi myös olla toimintakyvyn palauttaminen ennen vian syntymistä ja estää laitevaurio. Tuotantolaitoksissa yleensä tehdään jaksotettuja huoltotoimenpiteitä. Jaksojen pituus määräytyy sen mukaan, kuinka raskasta ja pitkäkestoista tuotantoa laite tekee.

Seuraavat kohdat sisältyvät jaksotettuun huoltoon:

- toimintaedellytysten vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito
- huolto
- puhdistus
- kuluvien osien vaihtaminen
- toimintakyvyn palauttaminen
- voitelu
- kalibrointi (Järviö & Lehtiö, 2017: 49.)

2.5 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla vähennetään vian aiheuttamaa seisokkiaikaa, suunniteltujen ja jaksotettujen huoltojen avulla (SFS-EN13306:2017: 13).

Ehkäisevällä kunnossapidolla ylläpidetään kohteen ominaisuuksia, heikentynyt toimintakyky palautetaan normaaliksi ennen mahdollista vikaantumista ja täten vältytään suurilta laiterikoilta ja seisokeilta (PSK 6201:2011: 13).

Ehkäisevän kunnossapidon ydinajatuksena on seurata laitteen suorituskykyä ja muodostamia parametrejä. Tavoitteena vähentää laitteen vikaantumistodennäköisyyttä ja laitteen komponenttien itsenäistä kulumista ja heikkenemistä.

Ehkäisevän kunnossapidon ideana on se, että se on säännöllistä ja ennalta määriteltyä. Suunnitelman laatii yleensä jo laitevalmistaja, mutta loppukäyttäjä saattaa muuttaa sitä omien havaintojensa pohjalta. Esimerkiksi laitteen loppukäyttäjä on huomannut, ettei heidän toimintaympäristössään muodostu sellaista likaa tai pölyä, jota laitevalmistaja on ajatellut, ja täten loppukäyttäjä pidentää hiukkassuodattimien vaihtoväliä. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan tehdä myös vaadittaessa, kun huomataan jonkin laitteen tai osan kuluvan oletettua nopeammin.

Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluu ainakin seuraavat asiat:

- Määräystenmukaisuuden toteaminen
- Tarkistaminen
- Kuntoon perustuva kunnossapito
- Vikaantumistietojen analysointi
- Testaaminen/toimintakunnon toteaminen
- Käynninvalvonta.

Kuntoon perustuvaan kunnossapitoon kuuluu kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus. Kunnonvalvontaa tehdään niin prosessin ollessa toiminnassa kuin myös seisokin aikana. Kunnonvalvonnan tavoitteena on löytää oireilevia vikoja ja myös saada varmuus siitä, että prosessi on toimintakuntoinen. (Järviö & Lehtiö 2017: 50.)

2.6 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, joka suoritetaan kohteelle vian havaitsemisen jälkeen. Tavoitteena toimintakunnon palauttaminen ennalleen. (SFS-EN 13306:2017: 14).

Korjaavan kunnossapidon ydinajatus on korjata vikaantunut komponentti ja täten välttää uuden komponentin ostotarve. Korjaavan kunnossapidon avulla säävutetaan maksimaalinen elinaika komponentille. Korjaavaan kunnossapitoon kuuluu sekä suunniteltu korjaus että suunnittelematon korjaus. Suunnittelematonta korjaustarvetta kutsutaan häiriökorjaukseksi ja suunniteltua korjausta taas kunnostukseksi.

Korjaavaan kunnossapitoon sisältyy

- Vian paikallistaminen
- Vian tunnistaminen
- Toimintakunnon palauttaminen
- Vian määrittäminen
- Korjaus tai väliaikainen korjaus (Järviö & Lehtiö 2017: 51.)

2.7 Parantava kunnossapito

Kohteen luotettavuuden ja kunnossapidettävyyttä parantamista vaikuttamatta kohteen nykyiseen toimintoon (PSK 6201:2011: 32).

Parantava kunnossapito jaetaan yleisesti kolmeen eri pääryhmään. Ensimmäiseen ryhmään kuuluu vanhojen osien korvaaminen uusilla ja moderneilla osilla. Nämä modernit osat eivät kuitenkaan paranna merkittävästi laitteen suorituskykyä. Tällainen osien modernisointi voisi olla esimerkiksi valokennojen korvaaminen valoverhojen avulla.

Toisen pääryhmän muodostavat suunnittelun avulla tai korjaamalla tehdyt muutokset, joiden tarkoituksena on parantaa koneen luotettavuutta. Koneen suorituskyky ei olennaisesti parane.

Kolmanteen pääryhmään kuuluvat sellaiset toimenpiteet, joiden tavoitteena on parantaa kohteen suorituskykyä. Tällainen modernisaatio voi olla esimerkiksi betonituotekoneen automaation uudistaminen, jonka avulla pystytään pienentämään sykliäikää ja näin suorituskyky paranee.

Modernisaatioita ei yleensä lasketa niinkään kunnossapidollisiin töihin, koska koko laitteisto saattaa muuttua radikaalisesti. Tällöin puhutaan investoinnista. (Järviö & Lehtiö 2017: 51.)

2.8 Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämistä ei ole vielä mielletty osaksi kunnossapitoa, koska se nähdään yleensä negatiivisessa valossa yrityksen prosessin toimimisen kannalta. Vikojen ja vikaantumisen selvittäminen olisi kuitenkin tärkeää kunnossapidollista työtä, koska sen avulla pystytään huomaamaan, jos joku tietty vika toistuu säännöllisin väliajoin. Vikatietojen analysoinnin perusteella pystytään myös määrittämään tietyt pakolliset varaosat varaosavarastoon. Myös toistuvan vian tarkemman tarkastelun avulla voidaan päästä kiinni vian juurisyyn eli siihen tekijään, josta vika johtuu. (Järviö & Lehtiö 2017: 52.)

3 Analyysimenetelmät

Analyysimenetelmillä tarkoitetaan tapaa, jolla aineisto konkreettisesti analysoidaan. Analyysimenetelmän valintaan vaikuttaa lähestymistapa. Analyysia tehdessä on tärkeää, että analyysin tekijä kuvaa, miten on analyysin tehnyt, perustelee valitsemansa analyysikeinot. Näin toimittaessa lukijalle tulee varmempi kuva siitä, että analyysi on uskottavaa, mahdollisimman luotettavaa ja perusteltua. (Kallinen & Kinnunen.)

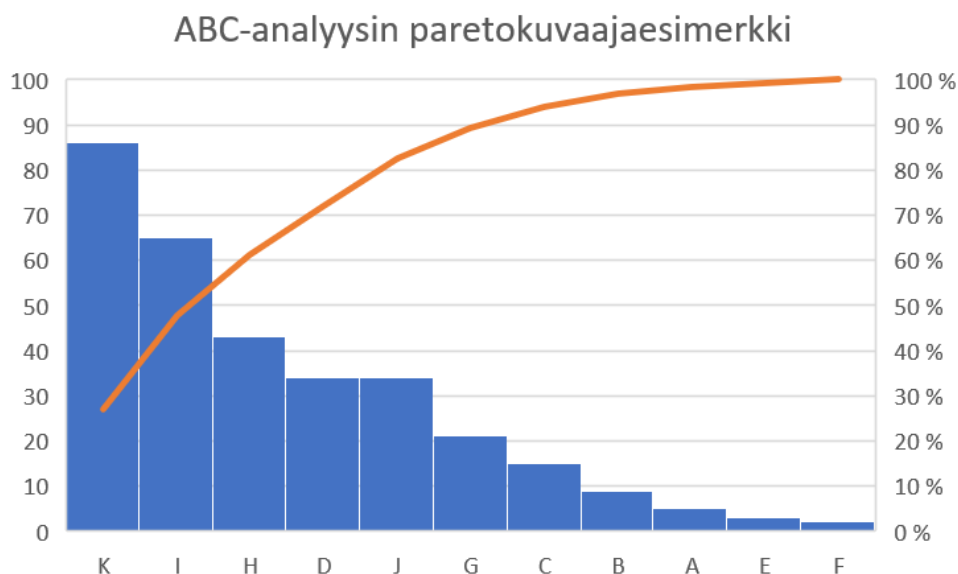
3.1 ABC-analyysi

ABC-analyysi on yleisintä käytetty luokittelumenetelmä varaston nimikkeiden luokitteluun. Pohjana analyysille toimii vuotuisen myyntivolyymien seuraaminen.

Havaintona yrityksistä, joilla on suuri määrä varastoitavia nimikkeitä. On huomattu, että pieni osa kaikista nimikkeistä muodostaa suurimman osan vuotuisesta volyymistä, kun taas suurin osa nimikkeistä muodostaa hyvin pienen ja marginaalisen osan vuotuisesta volyymistä. ABC-analyysin suosio selittyy sillä, että sen käyttöönotto on helppoa ja päivittäinen käyttö ja ylläpito on vaivatonta. (Hokkanen & Virtanen 2021: 74–75.)

ABC-analyysin avulla pyritään muodostamaan realistinen kuva, miten varastonohjausta tulisi kehittää, mihin resursseja kannattaa sijoittaa ja mitkä ovat oleellisimpia tuotteita. Menetelmän avulla pyritään löytämään ne nimikkeet, jotka ovat yritykselle taloudellisesti kaikista tärkeimpiä. Näiden nimikkeiden ohjaukseen tulisi keskittyä eniten. Menetelmän avulla pystytään varmistamaan tuotteiden saatavuus. Myös varastointikustannukset alenevat. Analyysin avulla huomattavat nimikkeet, jotka eivät liiku ollenkaan, kannattaa poistaa valikoimasta, koska ne tuottavat vain kuluerän. (Hokkanen & Virtanen 2021: 74–75.)

Varastoa arvioitaessa varastoarvo määritellään nimikkeittäin. Nimikkeet laskeaan valuuttana ja prosenttiosuuksina kokonaisarvosta. Tällöin suurimmasta nimikkeestä pienimpään asti saadaan kertymä. Yleensä kertymäkäyrä muodostaa Pareto-käyrän muodon, kuten kuvassa 5 on havainnollistettu. (Hokkanen & Virtanen 2021: 74–75.)



Kuva 5. Pareto-kuvaaja.

Moniulotteiset luokittelumenetelmät on otettu käyttöön, kun on huomattu, että tuotteen kaikkia tärkeitä ominaisuuksia ei saada esiin yhdellä luokittelukriteerillä. Moniulotteiseksi luokitteluksi kutsutaan useamman eri luokittelukriteerin yhdistelmää. Luokittelumenetelmä huomioi monia tekijöitä. Varastonohjausresurssien käyttöä voidaan tehostaa merkittävästi, kun jokaiselle luokalle räätälöidyt ohjaus tavat yhdistetään. Moniulotteisen luokittelun tarpeellisuus korostuu, kun varastoitavia tuotteita on paljon ja tuotevariaatiot ovat laajoja. Yleisesti kolme luokittelutekijää on maksimi määrä luokittelukriteereitä. Jos luokittelukriteereitä on useampi kuin kolme, tulee päivittäisestä varastohallinnasta monimutkikasta. Luokittelun monimutkaisempi jako haittaa todennäköisesti ohjauksen hallintaa ja kasvattaa varastonohjauksen kustannuksia. (Hokkanen & Virtanen, 2021: 74–75.)

3.2 Tilauspistemalli

Tilauspisteohjauksessa tehdään täydennystilaus tai tuotantomääräin, kun varastosaldo laskee hälytysrajan eli tilauspisteen alle. Satunnainen kysyntä sekä me- nekin ja läpimenoajan vaihtelut ovat varastoinnissa hyvin yleisiä. Tämän vuoksi varaudutaan paremmin kysynnän epävarmuuteen, kun täydennystilaus tehdään määritellyn rajan jälkeen.

Suurimmat vaikutukset kysyntään muodostaa kuluttajien ostokäyttäytyminen, yrityksen taloudellinen tilanne, markkinoiden kehitys ja kilpailijat. Kuljetusten sujuvuus on tärkeässä osassa läpimenoaikaa. Yritysten haasteena onkin keskittyä oikean tilausajankohdan määrittämiseen ennemmin kuin tilauserän suuruuteen. Tilauspistemalleissa toiminnot laukaisee hälytysraja eli tilauspiste. Tilauspiste määritellään joka nimikkeelle havaitun tai ennustetun kysynnän mukaan. Tilauspisteeseen vaikuttaa myös nimikkeen tilaus-toimitusviive ja kokonaiskustannukset. Tilauspiste tulee määrittää siten, että puutetilanteita ei tule ollenkaan, tai että niitä tulee hyvin pienellä todennäköisyydellä. (Hokkanen & Virtanen 2021: 78.).

3.3 VED-analyysi

ABC- ja XYZ-analyysimenetelmät eivät aina sovi varaosien kriittisyyden määrittelyyn, koska varaosilla saattaa olla muitakin erityispiirteitä kuin hinta tai kysyntä. Tällaiset osat saattavat olla elintärkeitä prosessin/osaprosessin toiminnan kannalta. Tämän vuoksi kysynnän ja taloudellisen näkökulman rinnalle on luotu menetelmä, joka ottaa kantaa laadullisiin kriteereihin perustuvia luokitteluja, jotka huomioivat myös muut varaosien erityispiirteet. Luokittelun perusteena voidaan käyttää esimerkiksi osan korvattavuutta, toimitusaikaa, kriittisyyttä, luotettavuutta tai elinkaaren pituutta. (Pulliainen 2019: 18–19.) Taulukko 1 havainnollistaa, miltä VED-analyysi voi näyttää.

Taulukko 1. Esimerkki siitä, miltä VED-analyysi voi näyttää.

	Korkea (3p)	Keskiverto (2p)	Matala (1p)
Riskitekijä	Yli 5 viikkoa	1-5 viikkoa	Alle 1 viikko
Toimittajan sijainti	Kansainvälinen	Kotimainen	Paikallinen
Toimitusaika	Pitkälle räätälöity	Vähän räätälöity	Standardi nimike
Puutevaikutukset	Mittavat tuotannon menetykset	Kohtuulliset tuotannon menetykset	Pienet tai ei ollenkaan

VED-analyysimenetelmässä kriittisyys määräytyy kolmen pääryhmän mukaan:

1. (E) eli elintärkeät. Nämä varaosat ovat sellaisia, joiden puuttuminen varaosavarastosta aiheuttaa prosessin tai osaprosessin pitkää seisokkia. Osien toimitusaika voi olla useita kuukausia tilauksesta. Osan ei tarvitse olla usein rikkoutuva.
2. (V) eli välttämättömät. Nämä ovat sellaisia varaosia, joiden tiedetään rikkoutuvan kesken kauden, vaikka ne vaihdettaisiinkin ennakkohuoltojakson aikana.
3. (T) eli toivottavat. Nämä ovat sellaisia varaosia, joiden toimitusaika saattaa olla pitkä, ja tämän vuoksi niitä kannattaa olla hyllyssä varalta, vaikkei olisikaan suoranaista näyttöä, että kyseinen osa olisi ennen rikkoutunut kesken kauden (Pulliainen 2019: 18–19.)

Varaosien kriittisyyden määrittelyyn valittiin VED-analyysi, koska prosessissa on monia eri osaprosesseja ja tämän vuoksi prosessi sisältää useita erilaisia varaosia.

3.4 FMEA

FMEA eli Failure mode and effects analysis on toimintavarmuuden analysointiin tarkoitettu menetelmä, joka pyrkii tunnistamaan sellaiset viat, joiden seurauksilla on suuri vaikutus tarkasteltavan järjestelmän suorituskykyyn. FMEA-analyysin avulla pystytään ymmärtämään, vian aiheuttaja ja seuraus. (Järviö 2000: 52)

FMEA kehitettiin 1940 Yhdysvaltojen armeijassa. Analyysin tarkoituksena on löytää, tunnistaa ja ymmärtää kaikki virheet suunnittelussa, tuotannossa ja kokoonpanoprosessissa. Failure modes tarkoittaa tapoja, joilla jokin asia voi vikaantua tai epäonnistua. Nämä ovat ihan mitä tahansa vikoja tai epäonnistumisia, jotka näkyvät asiakkaalle tai loppukäyttäjälle. Effects analysis tarkoittaa näiden vikojen tai epäonnistumisen analysointia ja ymmärtämistä. Viat luokitellaan sen mukaan, kuinka kriittisiä niiden seuraukset ovat, kuinka usein vika ilmenee ja kuinka helposti ne ovat huomattavissa. FMEA:n tarkoituksena on muodostaa kaikista

vioista kaavio, johon ne luokitellaan, ja kaavion tuloksena saadaan käsitys siitä, mitkä viat ovat sellaisia, jotka tulee saada poistettua ja mitkä ovat vähäpätöisiä loppukäyttäjän näkökulmasta. FMEA:n paras hyöty saadaan silloin, kun sitä tehdään tuotteen tai prosessin koko elinkaaren aikana aina valmistuksesta loppuun käyttämiseen. (Failure mode and effects analysis (FMEA).)

3.5 XYZ-analyysi

XYZ-analyysi on samankaltainen, kuin ABC-analyysi. XYZ-analyysissä kappa-
leiden luokittelu tehdään joko kulutuksen tai myynnin mukaan. Lopputulokseksi halutaan kuvaaja, jossa jakauma on esitetty 20/80-periaatteella. Luokittelu voi olla seuraavanlainen:

- X-luokka kattaa 50 % tapahtumista
- Y-luokka kattaa 30 % tapahtumista
- Z-luokka kattaa 18 % tapahtumista
- zz-luokka kattaa 2 % tapahtumista.

XYZ-analyysi ja abc-analyysi täydentävät usein toisiaan. XYZ-analyysiä käytetään usein yrityksissä, joissa myydään varaosia asiakkaille. Tässä tapauksessa X-paikoille sijoitettaisiin sellaiset myytävät nimikkeet, joiden menekki päivän aikana on kaikista suurinta. Z- ja zz-paikoille taas sijoitettaisiin sellaiset tuotteet, joita asiakas saattaa tulla kysymään mutta hyvin harvoin. Myös varaosan korkea hinta saattaa olla syy sille, ettei niitä kannata ostaa montaa varastoon odottamaan, vaan tehdä kyseisestä tuotteesta suoraan tilaustuote. (Sakki 2009: 96.)

3.6 Kriittisyysanalyysi

Suomalaisen standardin PSK 6800 mukaisesti laitteiden kriittisyyskartointu on prosessi, jolla arvioidaan laitteen tai järjestelmän riskitasoa. Kriittisyys määritellään kohteen ominaisuuteen liittyvän riskin suuruutena. Riski saattaa liittyä

materiaalivahinkoihin, henkilövahinkoihin, tuotantotappioon tai muihin sietämättömiin seurauksiin.

Suuruus riskille lasketaan vian vaikutuksen ja todennäköisyyden tulona.. Jos tuloksena saatu riski ylittää hyväksyttävän tason, kohde luokitellaan kriittiseksi.

Kriittisyyskartoitusta käytetään kunnossapitosuunnitelman lähtötietona. Se auttaa määrittämään, mitkä laitteet tai järjestelmät ovat kriittisiä ja vaativat erityistä huomiota ja resursseja toimintavarmuuden takaamiseksi ja riskien minimoimiseksi. (PSK 6800:2008: 4.)

3.7 Kriittisyysarvioinnin tekemisen vaiheet

Ensiksi tulee määrittää ja rajata tarkasteltava alue: onko kyseessä koko tehdas, jokin sen osasto vai esimerkiksi yksittäinen laite tai laitteisto. Jos tarkasteltava kokonaisuus on laaja, kannattaa kokonaisuus ensin jakaa osakokonaisuuksiin ja määrittää osakokonaisuudet kriittisyysjärjestykseen tuotannon menetysten kannalta. Sen avulla pystytään huomioimaan osastojen väliset erot kriittisyyskertomissa määriteltäessä. Kriittisyysanalyysi prosessille tehdään eri tekijöiden pohjalta yleensä työryhmäarviointina. (PSK 6800:2008: 3.)

PSK 6800 kriittisyyden määrittämiseen käytetään seuraavia tekijöitä:

- turvallisuusvaikutukset
- korjauskustannukset
- tuotannon menetykset
- vikaväli
- lopputuotteen laatukustannukset (PSK 6800:2008: 3.)

3.8 Nykytila-analyysi

Nykytila-analyysillä tarkoitetaan menetelmää, jonka avulla tarkastellaan ja arvioidaan tietyn hetken nykytilaa. Analyysin tietolähteenä käytetään tarkasteltavan prosessin tai ajanjakson tuottamaa dataa. Datan analysoinnin avulla pystytään

tunnistamaan ongelmakohtia ja saamaan parannusehdotuksia. (Peterson ym. 2018: 201.)

Nykytilan kartoitus on olennainen vaihe kaikessa toiminnan parantamiseen tähtäävässä muutoksessa, oli kyseessä sitten virtaus, prosessi tai työpiste. Häiriöiden nykytilakartoituksessa pyritään syvällisesti ymmärtämään häiriöiden tila. Tämä tarkoittaa häiriön juurisyiden yksityiskohtaista ymmärtämistä. Kun häiriön juurisyys on tarpeeksi hyvin selvillä, voidaan lähteä suunnittelemaan parantavia ja korjaavia toimenpiteitä, minkä avulla häiriö saadaan poistetuksi ja myös sen ennaltaehkäisy alkuun. (Peterson ym. 2018: 201.)

4 Betonikiven valmistusprosessi

Betonikivien valmistusprosessi sisältää seuraavat osaprosessit: raaka-ainevaratot (hiekat ja sementti), vaa'an, myllyn, tuotekoneen, kuivauskammion, erilaiset kuljetusradat, pakkauskoneen ja käärintäkoneen. Seuraavaksi prosessi on esitetty kaaviona kuvassa 6, jonka jälkeen osaprosessit on kuvattu sanallisesti.



Kuva 6. Tuotantoprosessi.

Kiviainekset kulkevat varastoihin maatastun kautta. Yleisesti käytetään monia eri kiviaineslaatuja. Sementti pumpataan sementtiautosta sementtisiiloihin. Betonimassa valmistetaan sekoittimella. Vesi, kiviainekset ja sementti sekoitetaan keskenään. Massan joukkoon voidaan lisätä myös erilaisia lisäaineita. Tuotekone on tuotantoprosessin kannalta tärkein osaprosessi. Se valmistaa tuotteet aluslevyille samanaikaisen puristuksen ja täryttämisen avulla. Valmistetut tuotteet kuivatetaan kuivauskammiossa. Valmistetut/valmiit tuotteet kulkevat

kammioon ja sieltä pakkaukseen siirtonosturin avulla. Pakkauskone poimii yhden tai useamman aluslevyllisen valmiita tuotteita kerralla ja pakkaa ne kuormalavalle. Pakkausvaiheessa kivi voidaan myös halkaista ennen lavalle pakkamista. Käärintäkone pakkaa kelmulla valmiin kivilavan varastoon viemistä varten. Käärintäkoneen yhteydessä on myös yleisesti tarrakone, joka asettaa tuotelavaan tuotetarran. Valmiit kivilavat varastoidaan tuotevarastoon odottamaan asiakkaalle toimitusta. Lavat kuljetetaan varastoon trukilla. Varastosta tuotteiden lastaus asiakkaan kyytiin tapahtuu myös trukin avulla.

5 Nykytilan kartoitus

Opinnäytetyössä tarkasteltava tuotekone, jolle varaosien kriittisyyskartoitus tehdään, on päällystekivikone. Tuotekoneen varaosat sijaitsevat tällä hetkellä satunnaisessa järjestyksessä varastohyllyissä, kuten kuva 7 havainnollistaa.



Kuva 7. Varaston lähtötilanne.

Yrityksellä on käytössään kunnossapitojärjestelmä nimeltään Novi by Pinja. Kunnossapitojärjestelmään on rakennettu tuotekoneelle hierarkia, jonka on hierarkiatarkastuksessa todettu olevan valmis. Myös varaosia on lisätty kunnossapitojärjestelmään, mutta siinä on puutteita ja siellä saattaa olla sama osa useampaan kertaan.

Kyseisen tuotantolinjan osaprosessit on kerrottu aiemmin, jo luvussa 4. Prosessi koostuu kolmesta pääprosessista, jotka ovat betonin valmistus, märkätuotteiden valmistus ja valmiiden tuotteiden pakkaus. Tuotantolinjan päätavoite on katkeamaton tuotanto ja standardien täyttävien tuotteiden valmistus. Koska tuotantoprosessi on katkeamaton, niin koneoperaattorien tauot on porrastettu kaikki kolme pääosaprosessia huomioiden. Tuotantolinja toimii yhdessä 8:n tai

10 tunnin vuorossa. Vuoro sijoittuu aamupainotteisesti. Prosessia pyritään ajamaan siten, että päivän aikana tulevat pienet viat korjattaisiin vasta päivän loppupuolella, niin että saadaan mahdollisimman monta tuntia kestävä katkeamaton tuotantoaika.

Kartoituksen painopisteenä oli tutkia tuotantolinjan koko yhden kauden tuotantoaika, joka on noin kymmenen kuukautta. Analysoinnin päätarkoituksena oli havaita eri vikatyypin yleisyys ja onko tapahtunut sellaisia vikoja, jotka ovat uusiutuneet kauden edetessä. Vikojen analysoinnin apuna käytettiin seuraavia tietolähteitä:

- Novi by Pinja (kunnossapitojärjestelmä)
- Gema by Pinja (tuotannon tehokkuuden seurantajärjestelmä)
- työntekijöiltä saadut tiedot.

Varaosien varastosaldosta ei ole ollut täyttä varmuutta, koska kaikille varaosille ei ole perustettu varaosanimikettä kunnossapitojärjestelmään. Varaosien varastosaatavuus on tällä hetkellä täytynyt käydä varmistamassa varaosavarastosta tai esimieheltä. Myös varaosien etsimiseen kuluu turhaa aikaa, koska niille ei ole määritetty omia varastopaikkoja.

Tuotekoneessa on joitain osia, jotka ovat täysin identtisiä koko tuotantolinjalla. Tällainen osa on esimerkiksi laakeri.

5.1 Toiminta häiriötilanteessa

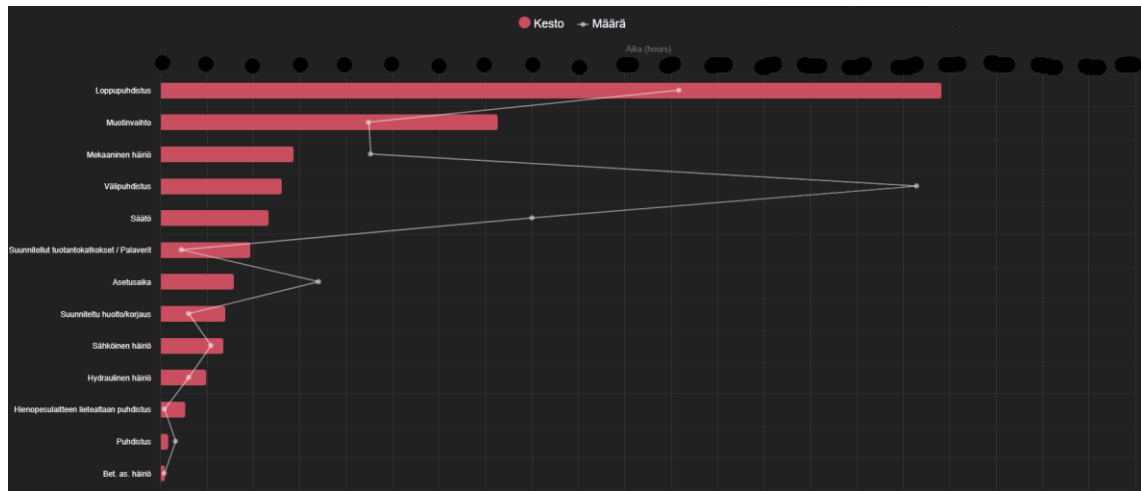
Kun prosessissa havaitaan häiriö, se tapahtuu koneoperaattorien havainnoinnin ansiosta. Paikallistettuaan vian operaattori selvittää vian vakavuuden. Jos vika on sellainen, ettei se estä tuotannon jatkamista, se korjataan loppupuhdistuksen aikana päivän päätteeksi. Jos vika on kuitenkin sellainen, joka ei mahdollista koneen ajamista, tulee operaattorin keskustella esimiehen kanssa, tarvitaanko vian korjaamista varten kunnossapitohenkilöstöä vai saadaanko vika korjattua

oman henkilöstön voimin. Jos vika vaatii koko tuotekoneen pysäyttämisen eikä massaa voida ajaa suppiloista koneen läpi pois, tulee arvioida, kuinka paljon koneessa on massaa massasuppiloissa valmiina, koska massa alkaa kuivumaan, mitä pidempään se on suppilossa. Jos todetaan, että vian korjaamiseen menee niin kauan aikaa, että massa ehtisi kovettua suppiloon, tulee tilata imuauto imeämään massa pois.

Kun vika havaitaan, tulee siitä ilmoitus Gemaan, että kone ei tällä hetkellä ole tuottavassa tilassa. Kun häiriö on saatu korjattua, kirjaa operaattori vian syyn Geman päivittäisraporttiin, josta se jää tapahtumahistoriaan. Jos vian korjaaminen on vaatinut kunnossapitohenkilöstöä paikalle, tehdään korjauksesta työpyyntö kunnossapitojärjestelmään ja kutsutaan kunnossapitohenkilöstö paikalle. Kun tällainen vika on saatu korjattua, kirjataan työkortille tehdyt toimenpiteet ja se, kuinka kauan vian korjaamiseen meni aikaa.

5.2 Osaprosessikohtaiset häiriöt

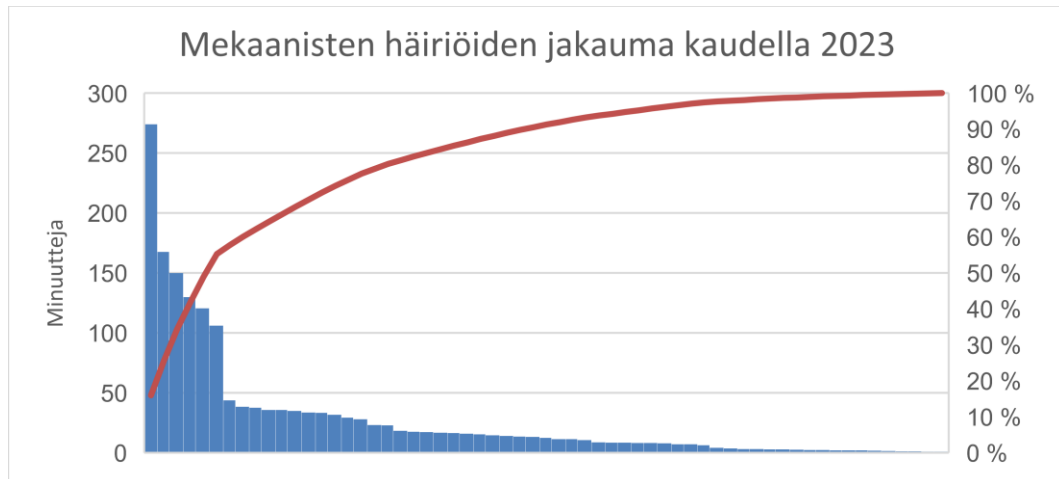
Osaprosesseja on kahdeksan. Osaprosessit ovat raaka-ainevarastot (hiekat ja sementti), vaaka, mylly, tuotekone, kuivauskammio, erilaiset kuljetusradat, pakkauskone ja käärintäkone. Kuvassa 8 on esitetty, miten häiriöt ovat jakautuneet eri kuukausille kauden aikana Gemaan kirjattujen vikojen mukaan.



Kuva 8. Häiriömäärä kaudella 2023 Geman mukaan.

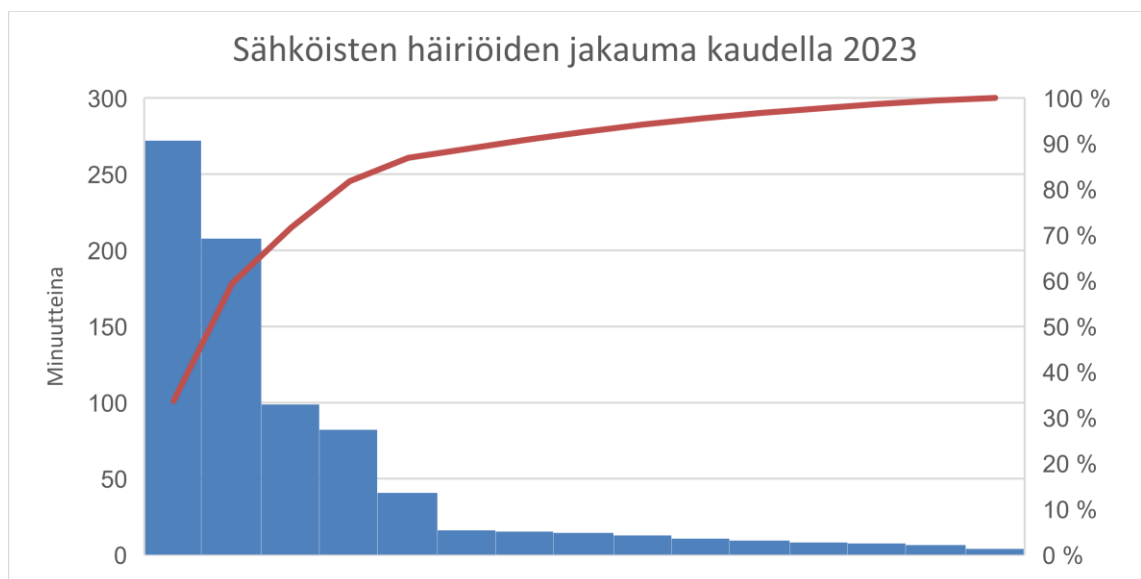
Kuvaajasta voidaan todeta, että suurin käyttöastetta laskeva tekijä kauden aikana on loppupuhdistukset. Tämä on ihan loogista, koska loppupuhdistus tulee tehdä jokaisen työpäivän päätteeksi. Myös toiseksi yleisin häiriötyyppi on looginen, koska muuttia joudutaan vaihtamaan aina kun valmistettava tuote vaihtuu. Turhia muotinvaihtoja tulee välttää, koska se syö tuotantoaika. Tämän takia tehokas ja looginen tuotannosuunnittelu on tärkeä osa päivittäistä esimiehen työtä. Kuvaajasta voidaan todeta, etteivät mekaaniset, sähköiset, hydrauliset ja betoniaseman häiriöt kata prosentuaalisesti suurta käyttöaika kauden aikana. Häiriöaika kauden aikana on noin 3 %.

Kuvasta 9 pystytään havaitsemaan, että kuusi vikakorjausta on aiheuttanut valtaosan koko kauden aikana mekaanisten vikojen korjaamiseen käytetystä ajasta. Näistä kuudesta viasta kolme kohdistui kuivauskammioon. Loput viat jakautuivat kahdesti aluslevyihin ja kerran ratoihin.



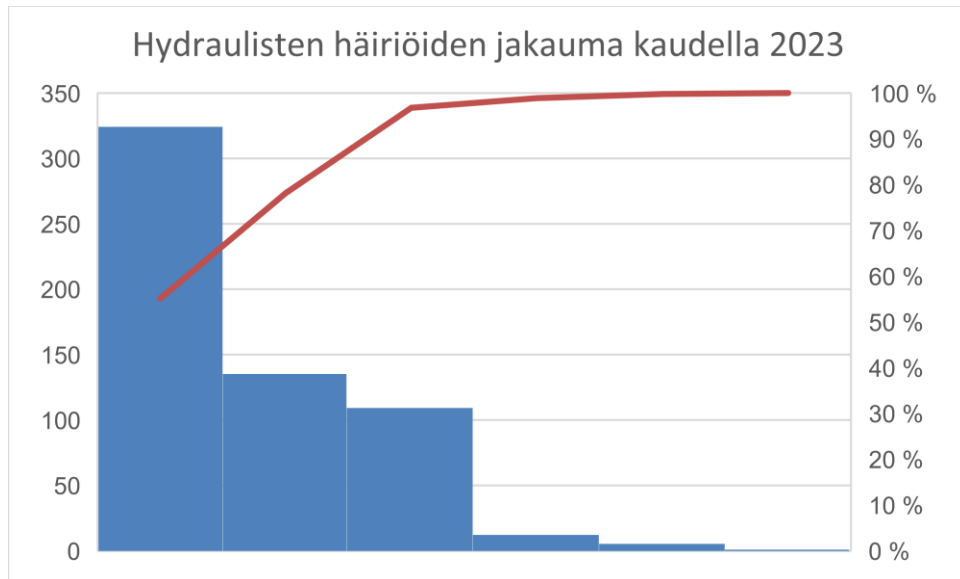
Kuva 9. Mekaanisten vikojen korjaamiseen käytetty aika 80/20-jakaumalla Gema by Pinja -datan perusteella.

Kuvasta 10 näkyy, että kaksi vikaa muodostaa valtaosan koko kauden sähköisistä häiriöistä. Nämä molemmat viat kohdistuvat aluslevyn jarrun toimintahäiriöön.



Kuva 10. Sähköisten vikojen korjaamiseen käytetty aika 80/20-jakaumalla Gema by Pinja -datan perusteella.

Kuvasta 11 pystytään havaitsemaan, että kaudella 2023 oli vain yksi suurempi hydraulinen häiriö. Muutenkin häiriöitä oli vain kuusi kappaletta.



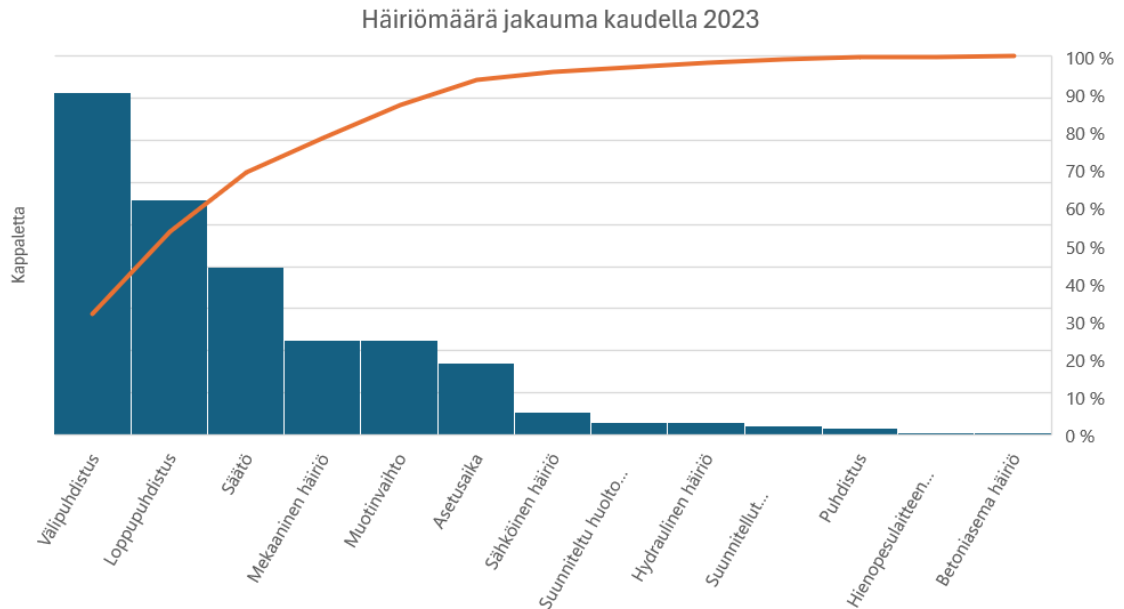
Kuva 11. Hydraulisten vikojen korjaamiseen käytetty aika 80/20-jakaumalla Gema by Pinja -datan perusteella-

Ympyrädiagrammista kuvassa 12 pystytään havaitsemaan, että kaudella 2023 oli vain kaksi häiriötä, jotka kohdistuivat betoniasemaan. Korjaustoimenpiteisiin ei mennyt edes tuntia, eli tuotantoaikaa ei kulunut juurikaan.



Kuva 12. Betoniaseman häiriöiden korjaamiseen käytetty aika kaudella 2023 Gema by Pinja -datan perusteella.

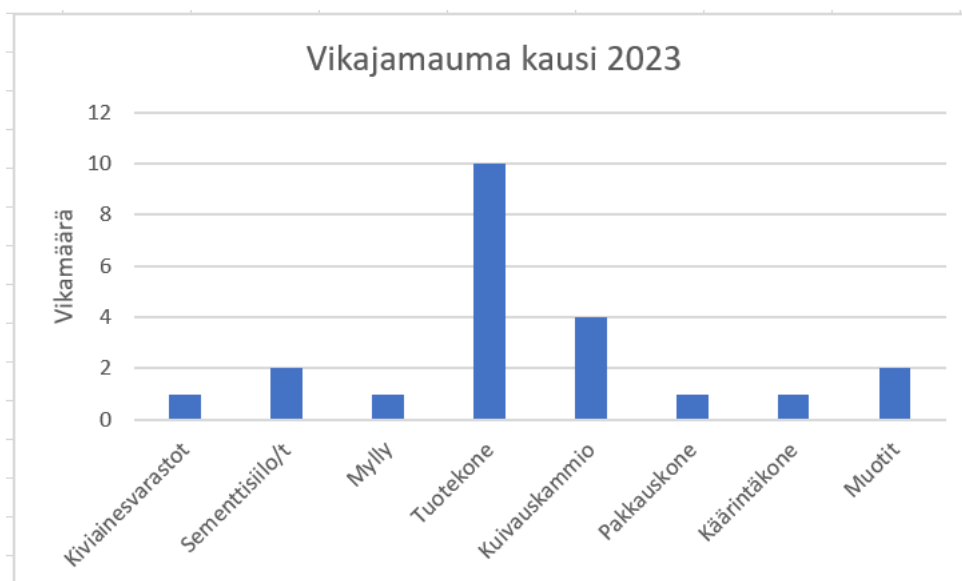
Kun eri häiriötyyppeihin kulunutta aikaa on tarkasteltu, tulee tarkastella myös, kuinka monta kappaletta häiriöitä kyseinen häiriöaika pitää sisällään. Kuva 13 on tehty Gema by Pinja -datan perusteella häiriömääristä.



Kuva 13. Kauden 2023 häiriömäärää 80/20-jakauman avulla. Data on peräisin Gema by Pinja -ohjelmasta.

Mekaanisia häiriöitä kuukautta kohden on keskimäärin noin 10 kappaletta. Lukema on hyvä, koska tuotannon seurantajärjestelmään on voinut muodostua samasta viasta monta erillistä lyhyttä vikaa. Näin pääsee käymään, koska vika saattaa olla sellainen, että se pysäyttää koneen hetkellisesti ja tämän jälkeen konetta voidaan taas ajaa.

Häiriöjakaumaa on tarkasteltu myös toisen järjestelmän tuottaman datan pohjalta. Tämä järjestelmä on nimeltään Novi by Pinja -kunnossapitojärjestelmä. Kuva 14 on tehty Novin tuottaman datan pohjalta.

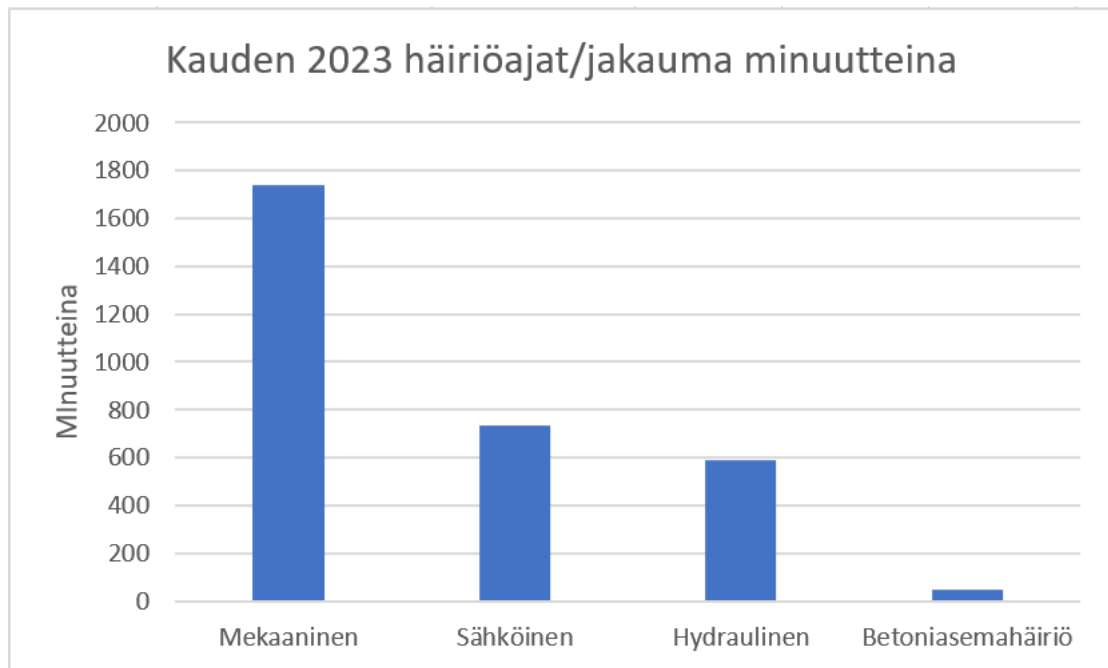


Kuva 14. Häiriöjakaumaa eri osaprosesseissa kunnossapitojärjestelmän datan pohjalta.

Kunnossapitojärjestelmän avulla saadaan tarkennettua eri osaprosessien häiriömäärää. Kuvaajasta pystytään heti toteamaan, että suurin osa kaudella tapahtuneista häiriöistä on tapahtunut juuri tuotekoneelle. Tämän tiedon pohjalta voidaan suunnata tarkempi häiriötarkastelu juuri kyseiselle tuotekoneen osaluueelle. Kunnossapitojärjestelmään kirjattua dataa tarkasteltaessa huomataan, että suurin osa tuotekoneen pysäyttäneistä vioista on syntynyt osan kiinnityksen rikkoutuessa. Toiseksi yleisin syy on ollut hydraulisylinterin rikkoutuminen. Kunnossapitojärjestelmään kirjatun datan perusteella voidaan kuitenkin todeta, että ennakkohuollossa tarkastetaan ja huolletaan prosessien toiminnan kannalta kriittiset paikat, koska häiriöiden määrä kauden aikana on hyvin pieni.

5.3 Häiriöihin kulunut aika ja sen jakautuminen

Häiriöihin kulunut aika kauden aikana saadaan tarkasti määritettyä Geman avulla. Gemasta pystyy ajamaan vaikka työpäivän päätyttyä suoraan raportin siitä, millaisia vikoja on ollut ja paljonko niihin on kulunut aikaa.



Kuva 15. kauden aikana Eri häiriölajeihin on mennyt aika minuutteina Geman mukaan.

Kuvasta 15 huomataan, että kauden aikana betoniaseman häiriöt ovat olleet hyvin minimaaliset. Betoniaseman häiriöaika on ollut noin 50 min koko kauden aikana. Kuvaajasta voidaan todeta myös se, että sähköisiin ja hydraulisiin vikoihin on kulunut noin 600 min +/- 100 min aikaa kauden aikana. Suurinta häiriöaikaa kuvaajassa edustavat mekaaniset häiriöt, mikä vaikuttaa loogiselta, koska varsinkin tuotekoneessa on hyvin monia mekaanisia osia, jotka kuluvat eri tahtiin keskenään. Myös jonkin osan äkillinen rikkoutuminen on saattanut rikkoa rikkoutuessaan muita osia.

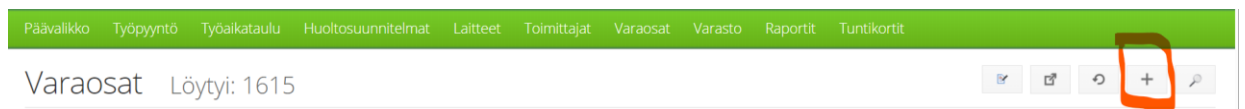
Kuvaajasta pystytään laskemaan, kauanko kuukaudessa on suunnilleen kulunut aikaa eri häiriötyyppeihin. Mekaanisiin häiriöihin on kulunut kuukaudessa noin 3 tuntia. Se ei ole kovin paljon, koska kuukaudessa koneen käyntiaika on noin 200 tuntia. Tuota keskiarvoa vääristävät kuitenkin suuresti sellaiset päivät, joihin prosessissa on mennyt jotain pahemmin rikki ja koko päivä on mennyt korjaustoimenpiteisiin. Muiden vikojen viemä aika keskiverrosta kuukauden käyntiajasta ei ole kovin suuri eikä siten kovin merkityksellinen.

6 Kunnossapitojärjestelmä (Novi by Pinja)

Novi by Pinja on moderni ennakoivan kunnossapidon hallintaan ja kehittämiseen tarkoitettu järjestelmä. Järjestelmän avulla pystytään digitalisoimaan kunnossapidon hallintaan ja kehittämiseen tarvittavaa dataa, ja se auttaa päivittäistä kunnossapidon johtamista. Novi by Pinjan käyttöliittymä on tehty visuaalisesti hyvin helposti ymmärrettäväksi. Kunnossapitojärjestelmää pystytään myös käyttämään monella eri käyttöliittymällä (puhelin, tabletti, tietokone). Kunnossapitojärjestelmää käytettäessä tietokoneella pystyy käyttäjä käyttämään järjestelmää monta välilehteä samanaikaisesti auki. (Kunnossapitojärjestelmä (CMMS) Novi by Pinja.) Järjestelmä räätälöidään aina asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Järjestelmän voi esimerkiksi linkittää ErpBos- tai SAP-järjestelmien kanssa. SAP-järjestelmästä voidaan tuoda kunnossapitojärjestelmään niin sanottu SAP-numero eli tilausnumero, jonka avulla kunnossapitojärjestelmä osaa tilata korvaavan tuotteen automaattisesti, kun edellinen on käytetty varastosta.

6.1 Varaosan hallinta kunnossapitojärjestelmässä

Kun varaosa halutaan lisätä järjestelmään, tulee siitä ensin tehdä varaosa järjestelmään. Varaosan tekeminen järjestelmään onnistuu menemällä ensin Varasat-kohtaan ja painamalla sieltä oikeasta yläkulmasta löytyvää Lisää varaosa -nappia (kuva 16).



Kuva 16. Uuden varasosan luominen.

Kun nappia painetaan, avautuu kuvan 17 kaltainen näkymä.

Varaosa - Lisäys

X
Sulje

Varasto: *

Koodi	Kokonaismäärä
Nimi <input style="width: 150px;" type="text"/> *	Yksikkö <input style="width: 150px;" type="text" value="▼"/>
Tuotenumero <input style="width: 150px;" type="text"/> *	Viimeksi tilattu pvm.
Tyyppi <input style="width: 150px;" type="text"/>	Tilaushinta <input style="width: 150px;" type="text"/>
Ryhmä <input style="width: 150px;" type="text" value="▼"/>	Keskihinta
Valmistaja <input style="width: 150px;" type="text"/>	
Toimittaja <input style="width: 150px;" type="text"/>	
Toimittajan tilausnumero <input style="width: 150px;" type="text"/>	
SAP tilausnumero <input style="width: 150px;" type="text"/>	
Lisätieto <div style="border: 1px solid #ccc; height: 40px; width: 100%; margin-top: 5px;"></div>	

Tallenna
Peruuta

Kuva 17. Näkymä, joka avautuu painettaessa +-näppäintä varaosarekisterissä.

Varaosan lisäämistä varten tarvittavien pakollisten tietokenttien määrä vaihtelee, koska ne päätetään aina asiakkaan kanssa. Jokainen varaosa tulee muistaa linkittää halutulle laitteelle.

Kun varaosa on luotu järjestelmään, sen tulisi näkyä varaosakohtassa samalla tavalla kuin kuvassa 18.

Varaosat Löytyi: 2

Koodi	Nimi	Tuotenumero	SAP tilausnumero	Ryhmä	Tavararyhmä	Valmistaja	Toimittaja	Toimittajan tilausnumero	Hyllypaikka	Määrä	Hälytysraja	Keskihinta	Lisätieto
10176	Testi									0	0	0	

Kuva 18. Onnistunut varaosan luonti järjestelmään.

6.2 Varaosan vienti ja otto varastosaldolla

Kuvassa 19 näkyy kunnossapitojärjestelmän kuusi eri laatikoissa olevaa sanaa, jotka ovat otto, saavuta, arvon muutos, palautus, inventointi ja siirto. Otto tarkoittaa, että varaosa otetaan työkortille resurssiksi korjausta varten. Palautus tarkoittaa, että työlle on otettu enemmän varaosia kuin työssä käytetään. Saavuta tarkoittaa tuotteen saapumista tavarantoimittajalta tilaajalle. Saavutuksen yhteyteen kuuluu hyllytys. Inventointi tarkoittaa varaosajärjestelmän saldojen ja oikean varaston saldojen arvojen täsmäämistä keskenään. Arvon muutoksella tarkoitetaan kyseisen varaosan hinnan muuttamista. Siirrolla tarkoitetaan varaosan siirtämistä varaosavarastojen kesken.



Kuva 19. Vaihtoehdot, jotka varaosalle voidaan tehdä kunnossapitojärjestelmässä.

Kun kaikki varaosat on viety kunnossapitojärjestelmään, tulee niille määrittää hälytysrajat eli raja, milloin kyseistä varaosaa tulee tilata lisää. Hälytys voi olla sellainen, että järjestelmä itse tilaa automaattisesti uuden vastaavan tuotteen toimittajalta. Tällöin varaosalle tulee määrittää SAP-numero varaosakortille. Muissa tapauksissa hälytysrajan alittaminen aiheuttaa sähköpostin tai vastaavan ilmoituksen lähtemisen varaosasaldesta vastaavalle työntekijälle. Varaosien

hälytysrajojen asettamista varten tulee tehdä analyysi siitä, mitkä ovat kriittisiä osia kyseisen prosessin tai osaprosessin näkökulmasta.

7 Varaosien kriittisyyden määrittäminen

Varaosien kriittisyys pystytään määrittämään nykytila-analyysin pohjalta. Nykytila-analyysissä käytin FMEA- ja VED-analyysiä. Nykytila-analyysin avulla saadaan kuva siitä, mitkä osaprosessit aiheuttavat eniten tuotannon pysäyttäviä vikoja. Nämä osaprosessit ovat tuotantokone ja kuivauskammio.

7.1 Varaosien kriittisyyden määrittäminen

Varaosien kriittisyyden määrittäminen aloitettiin kartoittamalla, mitä varaosia varaosavaraostossa tällä hetkellä oli. Tässä kartoituksessa suurena apuna oli kokenut koneoperaattori, joka osasi kertoa varaosista ja minne mikäkin varaosa kuului.

Varaosien kartoituksen jälkeen oli vuorossa perehtyä Novi by Pinja -kunnossapitojärjestelmän ja Gema by Pinja -tuotannonseurantajärjestelmän datoihin. Novi by Pinja -kunnossapitojärjestelmän datan läpikäyminen oli suhteellisen työlästä, koska kaikkia tehtyjä korjauksia ei ollut kirjattu valmiiksi, joten varmin tapa saada kattava kuva kyseisen järjestelmän datasta oli käydä se manuaalisesti läpi. Kunnossapitojärjestelmästä näki hyvin, mitä osia talvihuollon aikana oli vaihdettu. Vaikuttaa siltä, että on hyvin tiedossa, mitä varaosia huollon aikana tulee tarkastaa ja tarvittaessa vaihtaa. Kyseisen prosessin talvihuollon aikana ehditään tekemään hyvin kattavat huoltotoimenpiteet, koska Suomen talvi kestää vähintään kaksi kuukautta. Kaudella tulleista vikaseisakeista pystyi havaitsemaan sen, ettei vikoja olisi voinut etukäteen ennustaa talvihuollon aikana.

Varaosien kriittisyyttä määrittäessä tarkasteltiin ensiksi, kuinka kriittinen vika olisi prosessin kannalta. Melkein kaikkien osien kohdalla pystyi heti sanomaan, että kyseisen osan rikkoutuminen kauden aikana aiheuttaa vähintään muutamman tunnin tuotantotappion. Siksi esimerkiksi hydraulisylintereitä tulee olla

hyllyssä varakappale, koska sen rikkoutuessa kesken päivän tulee pitkä tuotantotappioaika, jos sylinteri pitää viedä kunnostettavaksi ja vasta sen jälkeen pystytään jatkamaan tuotantoa. Pahimmassa tapauksessa voisi käydä niin, että sylinterin vikaantuessa todetaan, ettei kyseistä sylinteriä pystytä enää kunnostamaan ja joudutaan tilaamaan uusi vastaavanlainen sylinteri valmistajalta. Valmistajalta tilatun sylinterin vastaanottamiseen tuotantotappioaika voisi tulla viikkojen mittaisesti. Ratojen hihnojen kanssa tulisi myös samaan johtopäätökseen, että niitä tulee olla vähintään yksi varakappale aina hyllyssä, koska hihnan katketessa prosessi pysähtyy ja hihnat eivät ole standarditavaraa vaan mitatilaustuotteita. Myös täryjä tulee olla varastossa varalta, koska täryn rikkoutuessa koko prosessi pysähtyy. Uuden korvaavan täryn saamiseen ei kuitenkaan mene niin kauan aikaa kuin esimerkiksi radan hihnan saamiseen.

8 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään työn aikana syntyneitä tuloksia. Niitä tarkastellaan käytännön ja VED-analyysin tuottamien tuloksien pohjalta.

8.1 Käytännön tulokset

Vikaseisokkiajan lyhenemistä ei konkreettisesti pystytty todentamaan, koska opinnäytetyön toteutuksen aikana oli käynnissä talvihuolto. Analyysien tuloksena saatiin kuitenkin käsitys, mistä vikaseisokkiaika kaudella koostuu, mitkä viat ovat yleisimpiä ja kuinka kauan vikojen korjaamiseen menee aikaa tällä hetkellä. Näiden pohjalta pystyttiin määrittämään varaosat, joita tulee olla hyllyssä varalla, jonka ansiosta vikaseisokkiaikaa pystytään lyhentämään jopa tunneilla, koska kyseistä osaa ei tarvitse tilata toimittajalta sen rikkoutuessa. Analyysin pohjalta pystytään järjestämään varaosat varaosavarastoon kauden aikana. Varaosien hyllypaikkoja ei ehditty määrittämään kaikille varaosille. Toimintasuunnitelma varaosien järjestämiselle varastoon on kuitenkin tiedossa, ja se tullaan toteuttamaan kauden tai seuraavan huollon aikana. Hälytysrajat saatiin määritettyä kriittisyysanalyysin ja varaosatarpeen pohjalta. Työssä saatiin perustettua kaikille varaosille oma varaosanimike kunnossapitojärjestelmään.

Varaosanimikkeiden SAP-tilausnumeroita ei ehditty päivittämään varaosille kunnossapitojärjestelmään. Laiterekisteri kunnossapitojärjestelmässä tarkastettiin ja sen kattavuutta arvioitiin koneoperaattorien kanssa. Laiterekisterin kattavuus todettiin kunnossapitojärjestelmässä hyväksi.

8.2 VED-analyysin tulokset

Taulukkoa 2 ja liitettä 1 vertailtaessa toisiinsa huomataan, että ennakkohuollossa vaihdettavista osista ainoastaan pohjavaunun sylinteri ja muotinnosto sylinteri on tarvittu vaihtaa kesken kauden. Kuvaajia vertailtaessa pystyy toteamaan, että ennakkohuollossa tehtävät huoltotoimenpiteet ja osien vaihdot kohdistetaan oikeisiin osaprosesseihin ja osaprosessin sisällä oikeisiin osiin. Jos ennakkohuolto olisi suunniteltu tai toteutettu huonosti, olisi vaihdettujen osien lista kauden aikana paljon suurempi. Onnistunutta ennakkohuoltojaksoa tukee myös Geman ja Novin tuottama data.

Taulukko 2. Osat, joita tarvittu kaudella 2023.

Mitä osia tarvittu kaudella 2023	Seisooko kone korjauksen takia (Kyllä=1, Ei=2)
Muotinpultti	1
Sähköjohto	1
5 radan hihna	1
Nosturin vaijeri	1
Ylätärn pultti	1
9 radan ketju	1
Aluslevytyöntö jarrupakka	1
Pakkaus kone rele	1
Raja	2
Hydeyksikön paineanturi	1
Pohjavaunun sylinteri	1
Muotinnosto sylinteri	1
Lavamakasiin ketju	2
Kuivarata 15 nostovaijeri	2

Liitettä 1 tarkasteltaessa huomiota kiinnittää muotinpultti ja ylätärn pultti, jotka ovat katkenneen kesken kauden. Tämän tiedon pohjalta tulee mieleen ajatus, olisiko pulttien katkeaminen voitu estää. Onko kyseinen pultti vääränlainen kyseiseen kohteeseen vai onko pultin vääntömomentti väärä?

Liitteestä 2 huomataan, että tuotannon kannalta kriittisimpiä varaosia ovat kaikki sylinterit, ratojen ketjut ja hihnat, ylä- ja alatäryt, pakkauskoneen venttiilit, kulu-
tustapit ja vaunun harjat. Edellä mainittujen varaosien varaosatasavuus vara-
osavarastossa on hyvä, koska kaikkia sylintereitä on yksi aina varalla hyllyssä. Otettaessa huomioon toimintamalli, jossa sylinterin vaihdon yhteydessä irti
otettu sylinteri toimitetaan mahdollisimman pian huoltoon, jotta se löytyy vara-
osavarastosta tarvittaessa. Sylinterit ovat kuitenkin sellaisia osia kyseisessä
prosessissa, jotka joutuvat hyvin suurelle rasitukselle koko kauden aikana, ja
kun ne rupeavat menemään rikki, niin harvoin se tapahtuu hiljalleen. Yleisesti
kyseisen sylinterin tiivisteet antautuvat kokonaan ja nesteet valuvat pois. Myös
ylä- ja alatäryt ovat sellaisia osia, joiden rikkoutumisen ennustaminen on hanka-
laa, koska laakeri saattaa leikata kiinni yllättäen. Täryt ovat myös sellaisia osia,
joita ei pystytä talon oman henkilökunnan toimesta huoltamaan, mikä tulee huo-
mioida mietittäessä, kuinka monta kyseistä varaosaa on hyvä olla varastossa
varalla. Hihnat ovat myös sellaisia, joita tulee olla varastossa varalla, koska nii-
den tilausaika on pitkä, hihnoiden hankintahinta on suhteellinen ja hihnat ei vie
varastosta suurta tilaa.

8.3 Johtopäätökset

Insinööriyössä selvitettiin kokonaisen betonikivilinjan prosessin tämänhetkinen
nykytila. Kyseisen prosessin laite- ja varaosarekisteri tarkastettiin ja puutteet
korjattiin kunnossapitojärjestelmä Novi by Pinjaan. Prosessiin tulleita vikoja tar-
kasteltiin koko kauden 2023 ajalta. Varaosien kriittisyyttä mietittäessä otettiin
huomioon talvihuollossa 2023 tehdyt huoltotoimenpiteet ja kauden aikana synty-
neet viat. Opinnäytetyössä käsitellyn datan määrä oli suuri, koska dataa analy-
soitiin kahdesta eri järjestelmästä. Kunnossapitojärjestelmän datan analysointi
oli työläämpää, kuin tuotannoseurantajärjestelmän muodostaman datan analy-
sointi. Suurin syy tähän eroon oli, että tuotannoseurantajärjestelmään oli kir-
jattu kaikki vikatilanteet tarkemmin. Kunnossapitojärjestelmässä datan ulosaja-
minen järjestelmän raportointityökalun avulla ei ollut luotettavaa, koska kaikkia
työkortteja ei ollut kuitattu tehdyiksi, joten ne eivät näkyneet järjestelmän
omassa raportissa. Molemmista järjestelmistä pystyi ajamaan tiedot suoraan

Excel-ohjelmistoon halutessaan. Insinööriyön pohjalta pystytään tekemään samanlainen varaosien ja prosessin nykytilanmäärittäminen maisematuotelinjalle.

8.4 Kehitysehdotukset

Insinööriyön aikana ei ehditty järjestämään kaikkia varaosia varaosavarastoon ja määrittämään niille hyllypaikkoja. Hyllypaikat tulisi miettiä osaprosessikohtaisesti, niin että samaan osaprosessiin tarvittavat varaosat ovat lähekkäin, koska osat vaihdetaan yleensä samaan aikaan. Kuvassa 20 on määritetty kahden eri aluslevyradan hihnojen paikka varaosahyllyssä. Hihnat on lajiteltu samalle paikalle, koska kyseinen hihnapituus sopii kahdelle eri radalle. Laatikkoon merkityn ratanumeron perusteella osataan tarvittaessa hakea oikeanmittainen hihna, jos hihna katkeaa kesken tuotannon.



Kuva 20. Kahden eri rataosion hihnat lajiteltuna samalle hyllypaikalle, koska ne sopivat molemmille radoille.

Kunnossapitojärjestelmän osalta varaosille tulee hakea SAPista tilausnumerot ja kirjata varaosille hälytysrajat. Myös kunnossapitojärjestelmän käyttöä tulee kerrata tuotantohenkilöstön kanssa, jotta kaikki osaavat varmasti tehdä vaaditut toimenpiteet.

Varaosatarpeen ymmärtäminen kauden aikana tarkentuisi, jos tarkasteltaisiin esimerkiksi, mitä varaosia on kulunut kauden 2022 aikana. Onko siellä joitain yhtäläisyyksiä, joita pystyttäisiin ottamaan huomioon jo ennakkohuoltojakson aikana? Analyysin pohjalta huomattiin, että kauden aikana rikkoutuu useita ruuveja eri osien kiinnityskohdista. Tämän pohjalta voisi olla hyvä tarkastella ruuvien kiristysmomenttitarvetta ja sitä, millainen ruuvi kyseiseen kiinnityskohtaan

olisi kaikista paras. Myös sellaisissa osissa, joiden ruuvit katkeavat usein, voisi miettiä ruuvien vaihtamista uusiin kesken kauden, jotta välttyttäisiin turhalta tuotannon seisokilta.

9 Yhteenveto

Opinnäytetyön päätavoitteena oli lyhentää vikakorjausaikoja. Opinnäytetyön tavoitteena oli perustaa varaosanimikkeet koko tuotantoprosessin näkökulmasta kunnossapitojärjestelmään. Varaosille oli tarkoituksena määrittää hyllypaikat varaosavarastossa. Opinnäytetyön tavoitteena oli määrittää eri osaprosessien kriittiset varaosat. Työn tavoitteisiin päästiin analysoimalla päällystekiviprosessi tarkastellen kaikkia osaprosesseja itsenäisinä kokonaisuuksina ja yhtenä isona kokonaisuutena.

Työssä varmistuttiin ensin analysoitavan päällystekiviprosessin laitehierarkian pitävän sisällä kaikki osaprosessit ja, että osaprosessit on määritelty halutulla tarkkuudella. Hierarkian määrittelyn jälkeen varaosien varaosarekisterin oikeellisuus kunnossapitojärjestelmässä tarkistettiin ja puuttuvat varaosat lisättiin ja tuplakappaleet poistettiin. Seuraavaksi analysoitiin kunnossapitojärjestelmän ja tuotannon suorituskykyä seuraavan järjestelmän dataa ja verrattiin niitä keskenään toisiinsa. Analyysin pohjalta tehtiin VED-analyysi varaosille. Työssä havaittiin, että kriittisiä varaosia oli tällä hetkellä tarpeellinen ja perusteltu määrä. Työssä saatiin myös aikaiseksi kunnossapitojärjestelmään varaosien varaosanimimet. Työn tavoitteet saavutettiin varaosien varaosanimikkeiden paikkansapitävyudessa kunnossapitojärjestelmässä, varaosien kriittisyyden määrittämisessä ja varaosatarpeen arvioinnissa. Työn avulla pystytään havainnollistamaan datan avulla, mitkä osaprosessit ovat vikaherkimmät. Työssä ei ehditty määrittämään kaikille varaosille omaa varaosapaikkaa varaosavarastossa. Työtä voisi kehittää analysoimalla kauden 2022 tuottaman datan Noviin ja Gemaan. Kun kyseisen kauden data olisi analysoitu voisi analyysin tulosta verrata kaudesta 2023 tehtyyn analyysiin. Onko siellä selkeitä yhtäläisyyksiä vikojen syntymisen välillä kauden aikana? Voisiko ennakkohuoltoon lisätä tai siitä poistaa joitain

huoltotoimenpiteitä? Työtä tullaan hyödyntämään toisen betonikivilinjan varaosien kriittisyyden määrittämiseen.

Lähteet

Failure mode and effects analysis (FMEA). Verkkoaineisto. American Society for quality. <<https://asq.org/quality-resources/fmea>>. Luettu 3.5.2024.

Hokkanen, Simo & Virtanen, Seppo. 2021. Varastonhoitajan käsikirja. Kangasniemi: Sho Business Development Oy.

Järviö, Jorma. 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja No 4. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys ry.

Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina. 2017. Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6., täydennetty painos. Helsinki: Promaint ry.

Kallinen, Timo & Kinnunen, Taina. 2021. Etnografia. Teoksessa Jaana Vuori (toim.) Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. <<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/>>. Verkkoaineisto. Yhteiskuntatieteellinen tietoaarkisto. Luettu 12.3.2024.

Kunnossapitojärjestelmä (CMMS) Novi by Pinja. Verkkoaineisto. Novi by Pinja. <https://pinja.com/fi/palvelut/valmistava-teollisuus/kunnossapitojarjestelma-novi>. Luettu 15.4.2024.

Petersson, Per; Olsson, Björn; Lundström, Thomas; Johansson, Ola; Broman, Martin; Blücher, Dan & Alsterman, Henric. 2018. Lean – Muuta poikkeamat menestykseksi! 3., uudistettu painos. Bromma, Ruotsi: Part Media.

PSK 6201. Kunnossapito. 2011. SK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 6800. Laitteiden kriittisyysluokittelu teollisuudessa. 2008. PSK Standardisointiyhdistys ry.

Pulliainen Tuomas. 2019. Maakonttoreiden varaosavarastojen analysointi ja varastonhallinnan uudistaminen. Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT.

Rudus historiaa. Verkkoaineisto. Rudus Oy. <<https://www.rudus.fi/rudus-yrityksena/historia>>. Luettu 24.1.2024

Rudus-konserni. Verkkoaineisto. Rudus Oy. <<https://www.rudus.fi/rudus-yrityksena/rudus-konserni>>. Luettu 24.1.2024.

Sakki Jouni. 2009. Tilaus-toimitusketjun hallinta B2B – Vähemmällä enemmän. Espoo: Jouni Sakki Oy.

SFS-EN 13306. Kunnossapito. 2017. Suomen Standardisoimisliitto.

Ennakkohuoltojaksolla 2022–2023 vaihdetut komponentit

Osa	Onko vaihdettu ennakkohuollon aikana (1=Kyllä, 2=Ei)
Rata 1 hihna	1
Rata 2,3,10 hihna	2
Rata 4 hihna	2
Rata 5 hihna	2
Rata 6 hihna	1
Rata 12,13 hihna	2
Rata 14 hihna	2
Rata 15 hihna	2
Rata 16 hihna	1
Rata 11 hihna	2
Kammion nosturin vaijeri	1
Rata 15 nostovaijeri	2
Ylätäry	2
Alatäry	1
Pohjamaassan sektoriluukku	2
Pintamaassavaunu sylinteri	1
Muotinnostosylinteri	1
Siilonluukunsylinteri	1
Vaununsylinteri	1
Pintanoston sylinteri	1
Päälikuorman sylinteri	1
Aluslevystoppari sylinteri	1
Ulosmenorata rulla	2
Täryn kumi	1
Pohjavaunun rengas	1
Tappien holkki	1
J kiven harja	2
Aluslevyharja	1
Siirtonosturin siirtäjä	2
Hyde propoventtiili	2
Pakkaus kone pihtien venttiili	2
Pakkaus koneen tasausventtiili	2
Pakkaus koneen lukkoventtiili	2
Päälikuorma jarrulevy	1
Aluslevytyöntö rulla	2
Rata 21 paineilmasylinteri	2
Hydeyksikön pumppu	2
Kiinteä tärykiskon kiinnike	2
Päälikuorma/muotinnosto laakeripukki	2
Siirtonosturi rajatappi laakeri	2
Aluslevytyönnön laakeri	1
Laakeri uretaanipyöriin	2
Yleislaakeri	1
Aluslevystoppari laakeri	1
Pakkaus kone päälikuormasylinteri	2
Pakkaus kone pihtien sylinteri	2
Muotinnostosylinteri kiinnike	2
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 180mm)	2
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 150mm)	2
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 105mm)	2
Pakkauspihtien kumit	1
Täyttövaunun työntövarsi	2
Päälikuorman tasaus akseli	2
Muotinnostotasausvarsi	2
Aluslevytyönnön käpälä	2
Siirtonosturi moottori (akseli)	2
Kulutuslevy	2
Pintavaunu kaavari (etu)	2
Pintavaunu kaavari (taka)	2
Pintavaunu kaavari (sivu)	2
Pohjavaunu etukaavari	2
Pohjavaunu sivukaavari	2
Arinarauta	2
Rajarauta renkailla	2
Harjat vaunuihin	2
Pintavaunun renkaat	2

Excel-kriittisyysluokittelu

Varaosan nimi	Toimittajan sijainti	Toimitusaika	Puutevaikutukse	Kriittisyys (1-9p)
Rata 1 hihna	2	3	3	8
Rata 2,3,10 hihna	2	3	3	8
Rata 4 hihna	2	3	3	8
Rata 5 hihna	2	3	3	8
Rata 6 hihna	2	3	3	8
Rata 12,13 hihna	2	3	3	8
Rata 14 hihna	2	3	3	8
Rata 15 hihna	2	3	3	8
Rata 16 hihna	2	3	3	8
Rata 11 hihna	2	3	3	8
Kammion nosturin vaijeri	2	2	3	7
Rata 15 nostovaijeri	2	2	3	7
Ylätäry	3	3	3	9
Alatäry	3	3	3	9
Pohjamaassan sektoriluukku	3	2	3	8
Pintamassavaunu sylinteri	2	2	3	7
Muotinnostosylinteri	2	2	3	7
Siilonluukunsylinteri	2	2	3	7
Vaununsylinteri	2	2	3	7
Pintanoston sylinteri	2	2	3	7
Päälikuorman sylinteri	2	2	3	7
Aluslevystoppari sylinteri	2	2	3	7
Ulosmenorata rulla	2	2	1	5
Täryn kumi	2	2	1	5
Pohjavaunun rengas	2	2	3	7
Tappien holkki	2	2	3	7
J kiven harja	2	2	1	5
Aluslevyharja	2	2	2	6
Siirtonosturin siirtäjä	2	2	3	7
Hyde propoventtiili	2	2	2	6
Pakkaus kone pihlien venttiili	2	2	3	7
Pakkauskonen tasausventtiili	2	2	3	7
Pakkauskonen lukkoventtiili	2	2	3	7
Päälikuorma jarrulevy	2	2	2	6
Aluslevytyöntö rulla	2	2	2	6
Rata 21 paineilmasylinteri	2	2	2	6
Hydeyksikön pumppu	3	3	3	9
Kiinteä tärykiskon kiinnike	2	2	3	7
Päälikuorma/muotinnosto laakeripukki	2	1	2	5
Siirtonosturi rajatappi laakeri	2	1	2	5
Aluslevytyönnön laakeri	2	1	2	5
Laakeri uretaanipyöriin	2	1	2	5
Yleislaakeri	2	1	2	5
Aluslevystoppari laakeri	2	1	2	5
Pakkaus kone päälikuormasylinteri	2	2	3	7
Pakkaus kone pihlien sylinteri	2	2	3	7
Muotinnostosylinteri kiinnike	2	2	3	7
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 180mm)	2	2	3	7
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 150mm)	2	2	3	7
Kulutustappi (halkaisija 40mm, pituus 105mm)	2	2	3	7
Pakkauspihtien kumit	2	2	2	6
Täyttövaunun työntövarsi	2	2	2	6
Päälikuorman tasausakseli	2	3	3	8
Muotinnostotasausvarsi	2	2	3	7
Aluslevytyönnön kápälä	2	2	2	6
Siirtonosturi moottori (akseli)	2	2	3	7
Kulutuslevy	3	3	3	9
Pintavaunu kaavari (etu)	3	2	3	8
Pintavaunu kaavari (taka)	3	2	3	8
Pintavaunu kaavarin (sivu)	3	2	3	8
Pohjavaunu etukaavari	3	2	3	8
Pohjavaunu sivukaavari	3	2	3	8
Arinarauta	3	2	3	8
Rajarauta renkailla	2	2	2	6
Harjat vaunuihin	2	2	3	7
Pintavaunun renkaat	3	2	3	8