

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SELLUTEHTAAN KÄYTTÖVARMUUSANALYYSI

Stora Enso Oyj

TEKIJÄ: Juho Holopainen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Juho Holopainen	
Työn nimi Sellutehtaan käyttövarmuusanalyysi	
Päiväys 9.2.2024	Sivumäärä 41
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Stora Enso Oyj, Varkauden pakkauskartonkitehdas	
Tämä opinnäytetyö keskittyy sellutehtaan käyttövarmuusanalyysiin, ja työn on tilannut Stora Enso Oyj:n Varkauden pakkauskartonkitehdas. Työssä pyritään analysoimaan tehtaan toiminnan luotettavuutta ja käyttövarmuutta. Erityisenä piirteenä on työn tilaajan, eli Stora Enso Oyj, tavoite antaa tekijälle vapaat kädet analyysin suorittamiseen. Työn tavoitteena oli analysoida kerättyä dataa ja tuoda esiin mahdolliset parannusehdotukset ja kehityskohteet sellutehtaan toiminnan tehostamiseksi. Ensimmäisenä askeleena opinnäytetyössä oli Varkauden sellutehtaan toimintaan perehtyminen ja kouluttautuminen. Analysoitavan datan kerääminen ja opinnäytetyön laajuuden määrittäminen oli haasteellista työn alkuvaiheilla. Analysointi-osuuden rajaaminen päätettiin tehdä siten, että analysoinnin kohteena oli koko sellutehtaan alue. Työn tilaajan asettamiin tavoitteisiin päästiin ja analyysistä onnistuttiin tekemään selkeä ja ytimekäs. Analyysistä huomataan, että Varkauden sellutehtaalla on käyttövarmuus hyvällä tasolla. Suurimmat tuotantohäviöt aiheutuvat massavarantoihin liittyvistä ongelmista. Viimevuosien aikana sellutehtaan investoinnit ovat kehittäneet käyttövarmuutta paljon, sekä kunnonvalvonta ja ennakkohuolto on pidetty sillä tasolla, että tekniset häiriöt ovat olleet vähäisiä. Työssä ei oteta huomioon tehtaan ulkopuolisista tekijöistä aiheutuvia ongelmia, kuten työtaisteluita.	
Avainsanat Sellutehdas, käyttövarmuus, tekniset häiriöt	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author Juho Holopainen	
Title of Thesis Reliability Analysis of a Pulp Mill	
Date 9 April 2024	Pages 41
Client Organisation /Partners Stora Enso Oyj, Varkaus Containerboard Mill	
This thesis focuses on the reliability analysis of a pulp mill, commissioned by at Stora Enso Oyj's Containerboard Mill in Varkaus. The aim of the thesis was analyze the reliability and operational dependability of the mill. Notably, the unique aspect is that the client, Stora Enso Oyj, provided the freedom to conduct the analysis independently. The objective was to analyze the collected data and present potential improvement suggestions and areas for development to enhance the efficiency of the pulp mill's operations. The initial step in the thesis was to familiarize oneself with the operations of the Varkaus pulp mill and undergo training. Collecting and defining the scope of the analyzed data posed challenges in the early stages of the work. The decision was made to limit the analysis to the entire pulp mill area to keep the amount of data manageable. The goals set by the client were achieved, and a clear and concise analysis was successfully conducted. From the analysis, it is observed that the operational reliability at the Varkaus pulp mill is at a satisfactory level. The major production losses are attributed to issues related to pulp reserves. Recent investments in the pulp mill have significantly improved operational reliability, and condition monitoring and preventive maintenance practices have kept technical disruptions minimal. External factors affecting the mill, such as labor strikes, were not considered in this thesis.	
Keywords Pulp mill, reability, technical disruptions	

ESIPUHE

Opinnäytetyön laatiminen on ollut antoisa ja opettavainen prosessi, jonka aikana olen saanut tukea monilta tahoilta. Haluan esipuheessani ilmaista syvimvät kiitokseni kaikille, jotka ovat olleet mukana tukemassa ja ohjaamassa minua työn tekemisessä.

Ennen kaikkea haluan kiittää käyttövarmuusasiantuntijoita, Petri Pulkista, Vesa Nyyssöstä ja Jiri Leppästä, jotka ovat tarjonneet arvokasta asiantuntemusta, ohjausta ja kannustusta koko opinnäytetyön prosessin ajan. Heidän ammattitaitoinen ohjaamisensa on ollut korvaamatonta, ja olen kiitollinen saamastani opista ja neuvoista. Lisäksi opinnäytetyötä tukenut ja motivoinut, Varkauden sellutehtaan käyttöpäällikkö, Antti Aartolahti ansaitsee kiitokset.

Kiitän myös kaikkia haastateltavia ja osallistujia, jotka ovat antaneet panoksensa tutkimukseeni. Heidän avuliaisuutensa ja halukkuutensa jakaa tietoaan ovat olleet tärkeitä opinnäytetyöni onnistumiselle.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	OSAPUOLTEN ESITTELY.....	9
2.1	Stora Enso Oyj.....	9
2.2	Varkauden pakkauskartonkitehdas	9
2.3	Savonia-ammattikorkeakoulu	9
3	SELLUTEHTAAN TOIMINTA	10
3.1	Nykyaikainen puunkäsittely.....	10
3.2	Sellun keiton periaate.....	10
3.3	Sellutehtaan kemikaalikierto	11
3.4	Kaustisointi.....	11
3.5	Sellunvalmistuksen sivutuotteet	12
3.5.1	Tärpätti.....	12
3.5.2	Mäntyöljy	12
3.5.3	Ligniinin talteenotto	12
4	KUNNOSSAPITO	14
4.1	Kunnossapidon määritelmä.....	14
4.2	Kunnossapitolajit.....	14
4.3	Kunnossapidon eri mittarit.....	14
4.3.1	Keskimääräinen odotusaika - MWT (Mean Waiting Time)	15
4.3.2	Keskimääräinen toipumisaika - MTTR (Mean Time To Restoration)	15
4.3.3	Keskimääräinen seisona-aika – MDT (Mean Down Time).....	15
4.3.4	Keskimääräinen vikaantumisväli - MTBF (Mean Time Between Failures)	16
5	KUNNONVALVONTA OSANA KÄYTTÖVARMUUTTA.....	17
5.1	Kunnonvalvontajärjestelmät.....	17
5.1.1	Akustinen emissio	17
5.1.2	Schaeffler OPTIME.....	17
5.1.3	Santasalo GearWatch.....	18
5.1.4	ODR – kunnonvalvonta Varkauden pakkauskartonkitehtaalla	18
6	KÄYTTÖVARMUUS	19
6.1	Käyttövarmuus ja kunnossapidettävyyys	19
6.2	Varkauden pakkauskartonkitehtaan käyttövarmuus	19

6.3	Käyttövarmuussuunnitelma.....	19
6.4	Käyttövarmuuden mittarit ja työkalut	20
6.4.1	Jatkuvan parantamisen palaveri.....	20
6.4.2	Juurisyyanalyysi.....	20
6.5	Microsoft Power BI.....	21
7	TYÖSSÄ KÄYTETYT DATAN LÄHTEET	22
7.1	SAP-KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ.....	22
7.2	APM – Asset Performance Management system	23
8	SELLUTEHTAAN KÄYTTÖVARMUUSANALYYSI	24
8.1	Käyttövarmuusanalyysi APM-dataan perustuen	24
8.2	Suunnittele mattomat seisakit.....	25
8.2.1	Esimerkki: Tukkeuma.....	25
8.2.2	Esimerkki: Ajotapa.....	26
8.2.3	Esimerkki: Koko tehdas.....	26
8.3	Tuotantohäviöt	26
8.3.1	Esimerkki: Ajotapa.....	27
8.3.2	Esimerkki: Massavaranto.....	27
8.3.3	Esimerkki: Automaatiohäiriöt.....	27
8.4	Tuotantohäviöihin johtaneiden syiden alueet	28
8.4.1	Esimerkki: Sellunkuivaus	29
8.4.2	Esimerkki: Kuitulinja	29
8.4.3	Esimerkki: PK3	29
8.5	Suunnittele mattomaan seisakkiin johtaneiden syiden alueet	29
8.5.1	Hakkeen käsittely ja keitto	30
8.5.2	PK3.....	30
8.6	Ennakkohuollon toteutuminen.....	30
9	KEHITYSTOIMET	32
9.1	Käyttövarmuusanalysiin tekemiseen liittyvät kehitystoimet.....	32
9.2	Varkauden sellutehtaan käyttövarmuuteen liittyvät kehitystoimet.....	32
9.2.1	MES-merkinnät.....	32
9.2.2	Henkilöstömuutokset	32
9.2.3	Varaosat ja niiden saatavuus	33

9.2.4	Kiinteistöjen kunto.....	33
9.2.5	Sähkö- ja automaatio kunnonvalvonta	33
9.2.6	Sähkötilojen jäähdytys	33
10	YHTEENVETO.....	36
11	POHDINTA.....	37
	LÄHTEET	39

KUVALUETTELO

KUVA 1.	kaaviokuva sulfaattisellun valmistusprosessista (Knowpulp 2023, CC-BY-NC-ND).....	13
KUVA 2.	kuvaleike PSK standartista (PSK Standardisointiyhdistys ry 2023, CC-BY-NC-ND).....	14
KUVA 3.	tyypillisimmät käytössä olevat aikaan perustuvat kunnossapidon mittarit (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria 2022, CC-BY-NC-ND)	15
Kuva 4.	Kuvaleike Stora Enson oppimisympäristöstä viisi kertaa miksi menetelmästä. (Stora Enso Oyj, 2023, CC-BY-NC-ND).....	21
Kuva 5.	JSA-analyysipuu (JSA-työkalu, 2023, CC-BY-NC-ND).....	28
Kuva 6.	Ennakkohuoltojen toteuma 1.1.2023-1.1.2024 (Power-BI, 16.1.2024, CC-BY-NC-ND).....	31
Kuva 7.	jäähdytyspuhaltimen ennakkohuoltoilmoitus (SAP, 2023, CC-BY-NC-ND).	35

1 JOHDANTO

Sellutehtaat ovat merkittäviä teollisuuslaitoksia, jotka muodostavat suuren osan suomalaisesta metsäteollisuudesta. Näiden tehtaiden toimintavarmuus on kriittinen tekijä niiden tuotantoprosessin sujuvuuden ja tehokkuuden kannalta. Nykyään globalisaation ja markkinaolosuhteiden muutosten myötä metsäteollisuus on kasvavien haasteiden edessä. Kilpailun kiristyessä on entistä tärkeämpää varmistaa sellutehtaiden jatkuva ja tehokas tuotanto. Käyttövarmuusanalyysi tarjoaa tehokkaan työkalun sellutehtaiden toimintavarmuuden arvioimiseksi ja mahdollisten riskien tunnistamiseksi.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Varkauden sellutehtaan käyttövarmuutta. Opinnäytetyön tarkoituksena on laatia sellutehtaalle käyttövarmuusanalyysi. Datan keräyksessä on käytetty SAP-kunnossapitojärjestelmää, APM-työkalua, haastatteluja, sekä muita Stora Enso Oyj:n omia tietolähteitä. Kustannuksiin tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa yhtiön ohjeita noudattaen. Datan keräyksen ajanjaksoksi valikoitui työntilaajan toivoma noin kaksi vuotta.

Opinnäytetyössä tavoitteena on analysoida, tutkia ja purkaa dataa sellutehtaan tuotantohäviöistä ja suunnittelemattomista seisakeista. Työntilaajan toivomus oli, että analyysissä tekijä tutkisi aiheita omasta näkökulmastaan. Käyttövarmuusanalyysijä on tehtaalla tehty myös ennen tätä ja analyysin tekemisestä on ohjeet olemassa. Tässä työssä ohjeita ei noudatettu, koska oli lupa tehdä työstä omanlainen. Työssä on tarkoituksena keksiä parantavia toimenpiteitä sellutehtaan käyttövarmuuteen liittyen, mutta myös käyttövarmuusanalyysin tekemiseen, koska analyysin tekemistä varten löytyi paljon kehitettävää. Työssä käytetty data on vaikeasti analysoitavaa tietojen puutteiden vuoksi, mutta pääkohdat pystytään huomaamaan.

2 OSAPUOLTEN ESITTELY

Tässä kappaleessa käydään läpi opinnäytetyöhön liittyvät sopimusosapuolet. Osapuolina tässä työssä toimivat opinnäytetyöntekijän oppilaitos ja opinnäytetyön tilaaja, joka toimii opinnäytetyön tekijän työantajana.

2.1 Stora Enso Oyj

Stora Enso Oyj on maailmanlaajuinen toimittaja uusiutuvien tuotteiden pakkaus-, biomateriaali- ja puutuoteteollisuudessa osana biotaloutta. Yritys on myös yksi maailman suurimmista yksityisistä metsänomistajista. Stora Enso Oyj uskoo, että kaikki tänään uusiutumattomista materiaaleista valmistettavat tuotteet voidaan valmistaa huomenna puusta. Vastuullisuus on keskeinen osa Stora Enson strategiaa ja liiketoimintakäytäntöjä. Yritys edistää siirtymistä kohti biopohjaista kiertotaloutta kolmella alueella, joilla sillä on suurin vaikutus ja mahdollisuudet: ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuus ja kiertotalous. Stora Enson vähähiilisillä ja kierrätettävillä puukuitupohjaisilla tuotteilla autetaan asiakkaita vastaamaan uusiutuvien ja ympäristöystävällisten tuotteiden kysyntään (Stora Enso Oyj, 2023a.)

2.2 Varkauden pakkauskartonkitehdas

Varkauden pakkauskartonkitehdas tuottaa aaltopahvin raaka-aineita, kraftlinereita ja white top linereita. Kraftlinerit ovat kaksikerroksisia, ruskeita pakkauskartonkeja, jotka ovat aaltopahvin pinta- ja taustakerroksissa käytettäviä kartonkityyppejä. White top linerit puolestaan ovat kaksikerroksisia pakkauskartonkeja, joiden pintapuoli on valkoinen. Tehdas käyttää oman sellutehtaan valmistamaa valkaisematonta havusellua raaka-aineena, josta osa myydään kuivattuna markkinaselluna maailmalle. Tehtaalla on yksi kartonkikone, PK 3, jonka vuosituotantokapasiteetti on 420 000 tonnia (Stora Enso Oyj, 2023b.)

2.3 Savonia-ammattikorkeakoulu

Savonia on yksi Suomen monipuolisimmista ja suurimmista ammattikorkeakouluista, jolla on kolmella eri paikkakunnalla kampuksia: Iisalmissa, Kuopiossa ja Varkaudessa. Savonia ei palvele aktiivisesti vain yli 7000 opiskelijaa, vaan myös ympäröivää elinkeinoelämää. Tämä mahdollistaa opetuksen ja oppimisen työelämäläheisenä. Savoniassa on yli 30 erilaista ammattikorkeakoulututkintoon johtavaa koulutusohjelmaa, jotka järjestetään päivä- tai monimuotototeutuksena. Lisäksi Savoniassa on englanninkielisiä koulutuksia. Avoin ammattikorkeakoulu tarjoaa myös mahdollisuuden opiskella tutkintotavoitteisesti polkuopintojen kautta (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2023.)

3 SELLUTEHTAAN TOIMINTA

Tässä osiossa käydään läpi sellutehtaan toiminnan eri vaiheet. Sellutehdas on tehdas, joka tuottaa sellua, joka on puusta valmistettua kuitumassaa. Sellutehtaat ovat iso osa suomalaista metsäteollisuutta ja ne osallistuvat raaka-aineen jalostukseen erilaisten sellutuotteiden, kuten paperin, kartongin ja tekstiilien valmistamiseksi.

3.1 Nykyaikainen puunkäsittely

Nykyään puunkäsittelyssä kiinnitetään erityistä huomiota ympäristömääräyksiin ja puuraaka-aineen alkuperään, jotta tuotanto olisi mahdollisimman tehokasta ja laadukasta. Aiemmin ei ymmärretty, kuinka suuri merkitys eri puunkäsittelyprosesseilla (kuten puiden vastaanotolla, kuorinnalla, haketuksella, varastoinnilla ja kuljetuksella) on sellun laatuun ja saantoon. Nykyään tiedetään, että puunkäsittelystä aiheutuvia tappioita ei voida korvata myöhemmissä tuotantovaiheissa.

Puunkäsittelyprosessin tehokkuus vaikuttaa suoraan sellun laatuun ja saantoon, ja sitä kautta myös raaka-ainekustannuksiin. Kun puunkäsittely aloitetaan heti korjuun jälkeen, puut ovat vielä tuoreita ja kosteita, mikä mahdollistaa tehokkaamman kuorinnan ja tasalaatuisemman hakkeen tuottamisen. Kokonaishävikin määrää voidaan myös minimoida tällä tavalla.

Paraslaatuista sellua saadaan, kun käytetty puuraaka-aine on tasalaatuista ja lähes samanmittaista. Korkea absoluuttinen kuivapaino ja pintapuusta peräisin oleva hakepala, sekä suuri pituuspaksuussuhde ovat myös tärkeitä tekijöitä laadukkaan sellun tuottamisessa. Huonolaatuista sellua saadaan epätasalaatuisesta hakkeesta, joka voi johtua esimerkiksi siitä, että käytetty raaka-aine koostuu puiden latvoista tai ensiharvennuspuusta, joilla on huono absoluuttinen kuivapaino (Knowpulp, 2023a.)

3.2 Sellun keiton periaate

Kemiallisessa massanvalmistuksessa keittoprosessilla on tärkeä tehtävä: sen avulla kemikaaleja ja lämpöä käyttäen poistetaan ligniiniä, joka sitoo kuituja yhteen. Tämä tehdään, niin että selluloosapitoiset kuidut säilyvät mahdollisimman ehjinä, pitkinä ja vahvoina. Lisäksi yritetään poistaa puun uuteaineita, jotka voivat aiheuttaa myöhemmin saostumia ja vaahtoamista prosessissa. Nykyisin yleisin massanvalmistusmuoto on sulfaattikeitto.

Keittokemikaaleina käytetään kemikaaleja, joiden tarkoituksena on liuottaa mahdollisimman paljon ligniiniä ja mahdollisimman vähän selluloosaa. Sulfaattikeitossa keittokemikaaleina käytetään natriumhydroksidia (NaOH) ja natriumsulfidia (Na₂S) sekoitettuna, jota kutsutaan valkolipeäksi. Natriumhydroksidi pilkkoo ligniiniä ja natriumsulfidi nopeuttaa keittoreaktioita sekä vähentää natriumhydroksidin aiheuttamaa selluloosan liukenemista. Sulfaattikeitossa keittolämpötila on yleensä 150–170 °C.

Kuiduissa jäljellä olevan ligniinin määrää kuvataan kappaluvulla. Kappaluku on suoraan verrannollinen massassa olevan ligniinin määrään, kun ligniinin määrä nousee myös kappaluku kasvaa. Keiton jälkeen ligniini antaa massalle ruskean värin. Valkaisukemikaalit ovat kalliimpia kuin keittokemikaalit,

joten valkaisu-kelpoisen massan laadussa pyritään poistamaan ligniini melko tarkoin jo keitossa. Liiallinen ligniinin poisto keittovaiheessa kuitenkin lisää selluloosan liukenemista, mikä alentaa massan lujuutta ja saantoa. Tyypillinen valkaisu-kelpoisen massan kappaluku on nykyisin lehtipuulla 14–20 ja havupuulla 25–30. Jos massaa ei valkaista, keiton jälkeinen kappaluku on yleensä korkeampi, tyypillisesti 40–100. Massan saanto on lehtipuulla yleensä noin 50–53 % ja havupuulla 46–49 %.

Keiton hallittavuus ja tasaisuus ovat tärkeitä seuraavien prosessivaiheiden onnistumiselle. Keittämön häiriöt vaikuttavat muihin osastoihin ja voivat aiheuttaa sellun lujuus- ja vaaleusvaihteluja, jauhautuvuuden muutoksia, roskaisuutta ja jälkikellertymistä (KnowPulp, 2023b.)

3.3 Sellutehtaan kemikaalikierto

Sulfaattisellun valmistusprosessissa puumassasta erotettavaa nestettä kutsutaan mustalipeäksi. Mustalipeä sisältää keitossa puusta liuenneita orgaanisia yhdisteitä, kuten ligniiniä, sekä keittoliuoksesta peräisin olevia keittokemikaaleja. Mustalipeä on yleisnimitys massasta erotettavalle nesteelle. Pesulaitoksen ja soodakattilan välillä mustalipeästä käytetään eri nimityksiä, jotka kuvaavat sen kuiva-ainepitoisuutta tai sen sijaintia prosessissa.

Pesulaitokselta haihduttamoon kulkevaa mustalipeää kutsutaan pesulipeäksi, laihalipeäksi tai laihamustalipeäksi. Pesulipeän kuiva-ainepitoisuus on 15–16 % ja sen määrä vaihtelee puulajin mukaan 7–12 m³/t. Joillakin lehtipuulajeilla, kuten eukalyptuksella, mustalipeää ei synny lainkaan. Normaalista pesulipeää vahvistetaan haihduttamon vaiheesta kaksi, otettavalla lipeällä 18–22 %:n kuiva-ainepitoisuuteen. Vahvistuksen jälkeen mustalipeää kutsutaan syöttölipeäksi, jota syötetään haihduttamolle. Suovanerotus tehdään välilipeästä, jonka kuiva-ainepitoisuus on 25–35 %. Suopa otetaan talteen ja siitä valmistetaan mäntyöljyä. Haihdutuksen jälkeen mustalipeä viedään soodakattilan sekoitussäiliöön. Ennen konsentraattoreilla tehtävää väkevöintiä mustalipeää kutsutaan vahvamustalipeäksi. Konsentraattoreilla tehtävän väkevöinnin jälkeen mustalipeä on valmista syötettäväksi soodakattilaan. Soodakattilaan syötettävää mustalipeää kutsutaan polttolipeäksi. Polttolipeän kuiva-ainepitoisuutta pyritään saamaan vähintään 80 %:iin (KnowPulp, 2023b.)

3.4 Kaustisointi

Kaustisointi on osa kemikaalikiertoa ja kuuluu niin sanottuun kalkkikiertoon. Kalkki on kierrätettävä apukemikaali, jota käytetään muuttamaan soodakattilasta tuleva viherlipeä valkolipeäksi. Mustalipeän poltto soodakattilassa tuottaa natriumkarbonaattia ja natriumsulfidia epäorgaanisina polttotuotteina, jotka valuvat kattilan tulipesän pohjalle kemikaalisulana. Sulfaattisellun keiton aktiiviset kemikaalit ovat natriumhydroksidi ja natriumsulfidi. Prosessia, jossa natriumkarbonaatti muutetaan natriumhydroksidiksi, kutsutaan kaustisoinniksi. Valkolipeän valmistusprosessin osastoa kutsutaan yleisesti kaustistamoksi tämän vuoksi (KnowPulp, 2023c.)

3.5 Sellunvalmistuksen sivutuotteet

Näissä kahdessa alaluvussa käsitellään merkittävimmät sellun valmistuksessa syntyvät sivutuotteet. Sellun valmistuksessa syntyy paljon erilaisia sivutuotteita. Puun kuorimisesta saatavaa kuorta voidaan käyttää polttoaineena, joko voimakattilassa tai tuotekaasun raaka-aineena. Myös ligniinintalteenotto on nykyään mahdollista. Varkaudessa puunkuori poltetaan biovoimakattila K6:lla, joka toimii tehtaan päähöyryntuottajana. Varkaudessa otetaan myös talteen sellutehtaan sivuvirtoina saatavaa tärpättiä ja mäntyöljyä, jotka myydään maailmalle. Mäntyöljyä käytetään raaka-aineena esimerkiksi maaleissa, pinnoitteissa ja autonrenkaisiin. Tärpättiä käytetään liuottimena ja maalien ohenteena.

3.5.1 Tärpätti

Tärpätti koostuu puun pihkan haihtuvista aineista, joita kutsutaan terpeeneiksi. Havupuilla löytyy monia erilaisia terpeenejä, kuten mono-, seskvi- ja diterpeenejä ($C_{5}H_8$), mutta lehtipuissa ei ole helpposti haihtuvia aineita. Lehtipuut sen sijaan sisältävät korkeampia terpeenejä ja niiden johdoksia, kuten triterpeenejä, steroideja ja polyprenoleja, joten niistä ei saada tärpättiä. Monoterpeenit ovat tärpätin tärkeimpiä ainesosia, joista yleisin on α -pineeni.

Mäntysulfaattikeiton avulla voidaan tuottaa 2–15 kg tärpättiä sellutonnia kohden. Kuusen tärpättisaanto on huomattavasti pienempi (2–3 kg/t). Tärpättimäärä riippuu puun kasvuolosuhteista, varastointitavasta ja -ajasta, sekä höyrytyksen kestosta ja lämpötilasta. Mitä pohjoisempana puu on kasvanut, sitä enemmän tärpättiä siitä saadaan. Tärpättisaanto vähenee, kun puun varastointiaika ylittää neljä viikkoa (KnowPulp, 2023d.)

3.5.2 Mäntyöljy

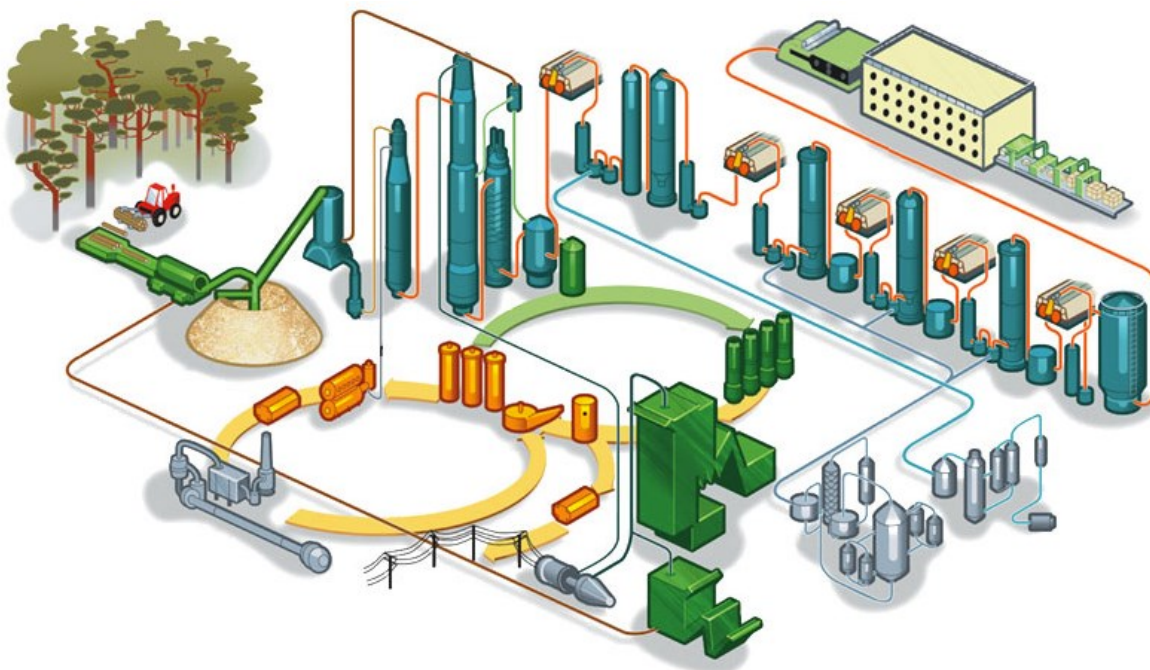
Mäntyöljy on peräisin puun pihkasta. Havupuilla pihkaa esiintyy sekä parenkyymisoluiissa että pihkatiehyeissä, kun taas lehtipuilla pihkaa on vain parenkyymisoluiissa. Parenkyymisoluiissa olevassa pihkassa on puun vahoja ja rasvoja, kun taas tiehyepihkassa on hartsihappoja. Sulfaattikeiton aikana hartsihapot ja rasvat saippuoituvat alkalisen keittonesteen vaikutuksesta ja liukenevat siihen. Kun lipeää haihdutetaan, lipeän pinnalle erottuu saippuat kerrokseksi. Tämä raakasuopa voidaan ottaa talteen kuorimalla. Raakasuovasta hapottamalla saadaan viskoosista, tummaa nestettä, raakamäntyöljyä. Sellutehtaat myyvät tuottamansa raakamäntyöljyn (KnowPulp, 2023d.)

3.5.3 Ligniinin talteenotto

Useissa sulfaattisellutehtaissa kohtaa haaste, kun pyritään kasvattamaan selluntuotantoa, mutta soodakattilan lämmönsiirtokapasiteetti ei riitä käsittelemään kasvavan mustalipeävirran polttoa. Tämän pullonkaulan poistamiseksi on kaksi vaihtoehtoa, joko kasvatetaan soodakattilan lämmönsiirtokapasiteettia tai vähennetään siihen kohdistuvaa lämpökuormaa. Soodakattilan kapasiteettia voidaan kasvattaa esimerkiksi päivittämällä mustalipeän ja ilman syöttötekniikkaa, ja tällä tavoin saavutetaan asteittaisia lisäyksiä lämmönsiirtokapasiteettiin. Tämä vaatii kuitenkin suuria investointeja, tuotannon pysäyttämistä, ja voi osoittautua riittämättömäksi, jos selluntuotantoa halutaan edelleen lisätä.

Toisena vaihtoehtona pullonkaulan poistamiseksi on soodakattilan lämpökuorman pienentäminen. Lämpökuorma muodostuu mustalipeän palavasta osasta, eli puusta peräisin olevasta orgaanisesta

aineksesta. Tästä lämpökuormasta yli 60 prosenttia aiheutuu ligniinistä, joka on merkittävin orgaaninen ainesosa mustalipeässä sekä osuudeltaan (noin 35 % mustalipeästä, 50 % orgaanisista aineista) että lämpöarvoltaan (kuiva ligniini 25–27 MJ/kg). Näin ollen mustalipeän sisältämän ligniinin määrän vähentäminen 25 prosentilla pienentää soodakattilan lämpökuormaa niin, että selluntuotantoa voidaan kasvattaa 20–25 prosentilla. Lisäksi selluntuotantokapasiteetin kasvun myötä ligniinin hyödyntämisen houkuttelevuus kasvaa. Ligniini voidaan käyttää esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden korvaajana meesauunissa tai myydä uusiutuvana poltto- ja raaka-aineena tehtaan ulkopuolelle. Ligniinin käyttöä tutkitaan laajasti, koska valmistavalla teollisuudella on kasvava kiinnostus korvata ympäristölle ystävällisemmällä ja taloudellisemmalla raaka-aineella perinteisen öljyn sijaan. Kuvassa 1 on esitetty sulfaattisellutehtaan valmistusprosessin kaaviokuva, josta pystyy huomaamaan sellutehtaan kemikaalinkierron ja osan lopputuotteista. (KnowPulp, 2023.d)



KUVA 1. Kaaviokuva sulfaattisellun valmistusprosessista (Knowpulp 2023, CC-BY-NC-ND)

4 KUNNOSSAPITO

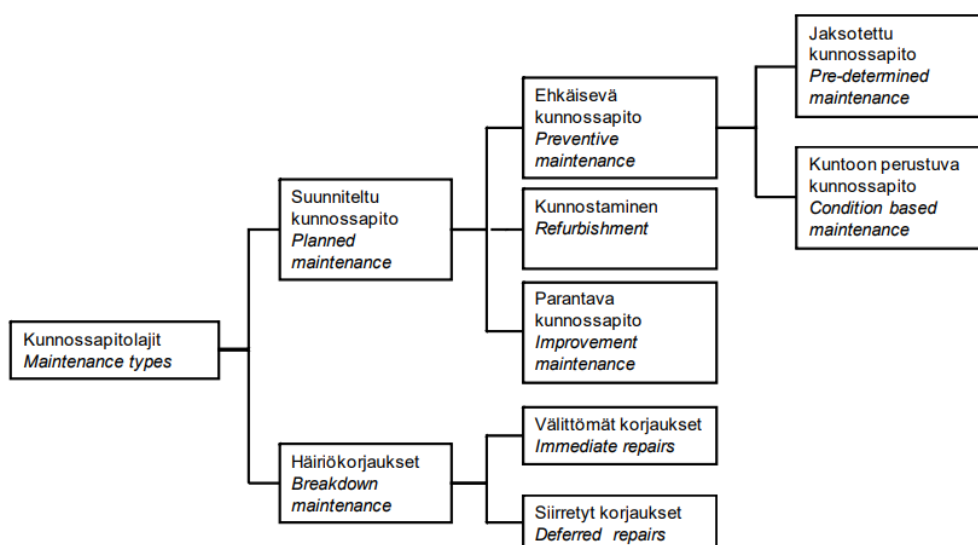
Kunnossapito on prosessi tai toiminta, jonka tarkoituksena on ylläpitää laitteita, tiloja tai järjestelmiä niiden tarkoituksenmukaisessa toimintakunnossa. Se käsittää erilaisia tehtäviä, joita suoritetaan ennaltaehkäisevänä toimintana tai vian korjaamiseksi. Kunnossapito on keskeinen osa monenlaisten laitosten, koneiden ja infrastruktuurin hallintaa. Seuraavat kaksi alalukua auttavat lukijoita ymmärtämään kunnossapidon perusteet ja niiden merkityksen organisaation toiminnassa.

4.1 Kunnossapidon määritelmä

Lyhykäisyydessään kunnossapito kattaa kaikki tekniset, hallinnolliset ja johtamiseen liittyvät toimenpiteet, joiden tavoitteena on säilyttää tai palauttaa kohde toimintakuntoon sen koko elinkaaren aikana (PSK 6201, 2022).

4.2 Kunnossapitolajit

Kyseessä ovat kaikki ne toimenpiteet, joilla varmistetaan kohteen toimintakunto, ylläpidetään sitä halutulla tasolla tai palautetaan se takaisin haluttuun toimintakuntoon. PSK 6201 standardin mukaisesti kunnossapito voidaan jakaa suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin (KUVA 2).

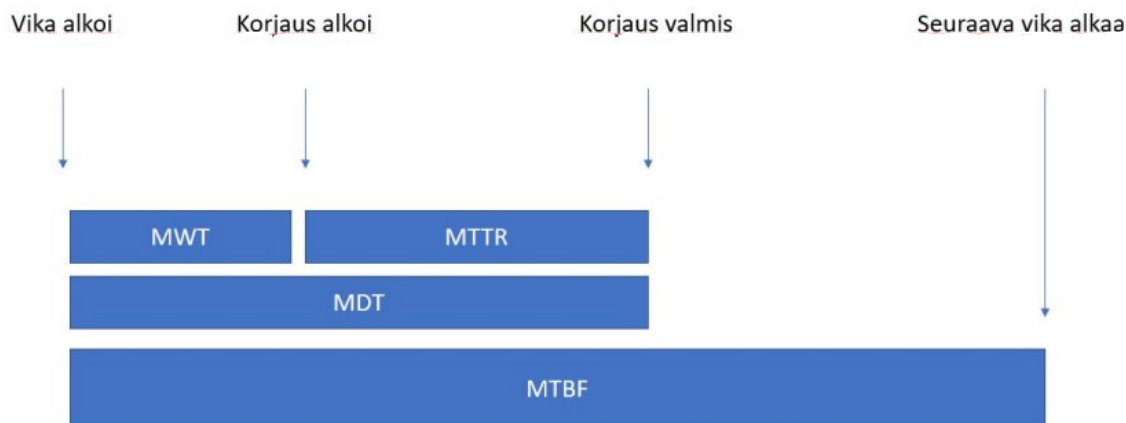


KUVA 2. Kuvaleike PSK standartista (PSK Standardisointiyhdistys ry 2023, CC-BY-NC-ND)

4.3 Kunnossapidon eri mittarit

Kunnossapidon seurantaan käytetään myös monia aikaan sidonnaisia mittareita. Tämän seurannan helpottamiseksi jokaiselle seurattavalle koneelle tai laitteelle tulee tehdä kriittisyysluokka-arviointi, jotta aikaan perustuvien tunnuslukujen seuranta olisi helpompaa. Vaikka monilta löytyy prosessi tuntemukseen perustuvaa tietoa, meidän kokemuksemme mukaan tarkempi arviointi puuttuu tai tietoa ei ylläpidetä aktiivisesti. Kunnossapidon systemaattinen seuranta ja aikaan perustuvien tunnuslukujen mittaaminen vaikuttaa myös tuotannon työntekijöiden toimintaan. Käytännössä jokaisen työpyyntöä kirjaavan tulee esimerkiksi määritellä, kuinka kiireellinen kyseinen työpyyntö todellisuudessa on. Tämä asettaa myös vaatimuksia järjestelmätasolla. Esimerkiksi vikapyyntöjen kiireellisyys-

luokkien tulee olla selkeitä ja työpyynnöt helppoja täyttää, jotta epäselvyyksiltä välttyttäisiin ja järjestelmä ohjaisi aktiivisesti tekemistä (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria, 2022.) Kuvassa 3. esitetään erilaisia aikaan perustuvia kunnossapidon mittareita.



KUVA 3. Tyypillisimmät käytössä olevat aikaan perustuvat kunnossapidon mittarit (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria 2022, CC-BY-NC-ND)

4.3.1 Keskimääräinen odotusaika - MWT (Mean Waiting Time)

Kunnossapidon reagointiajan mittari MWT (Mean Waiting Time) arvioi, kuinka nopeasti kunnossapito-organisaatio pystyy vastaamaan erilaisiin vikapyyntöihin ja aloittamaan työt. MWT-mittari auttaa arvioimaan kunnossapito-organisaation kapasiteettia ja selvittämään, onko kunnossapitoyksiköllä tilaa suunnittelemattomalle toiminnalle vai onko se jo täysin ylikuormitettu. Jos kaikki kunnossapito-työntekijät ovat kiireisiä "tulipalojen" kanssa, ennakoiville huolloille ei yksinkertaisesti ole aikaa. Tämä mittari auttaa myös Lean-periaatteiden mukaisesti arvioimaan, tuleeko kunnossapitoyksikölle päällekkäisiä kiireellisiä töitä, mikä voi johtaa kasvaneisiin odotusaikoihin (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria, 2022.)

4.3.2 Keskimääräinen toipumisaika - MTTR (Mean Time To Restoration)

Laitteen keskimääräinen korjausaika eli MTTR (Mean Time to Restoration) kuvaa sitä, kuinka kauan laitteen korjaus vie aikaa vian havaitsemisesta sen korjaamiseen asti. Tehtaiden kunnossapidosta vastaavat henkilöt seuraavat yleensä keskimääräisiä korjausaikoja, jotta he voivat varautua erilaisiin vikoihin oikein.

Jos keskimääräinen korjausaika on pitkä, se usein kertoo laitteen monimutkaisuudesta tai siitä, että korjaus vaatii erityisosaamista, kuten laitevalmistajan edustajan kutsumista paikan päälle. Korjausaika voi myös venyä, jos laite on vaikeasti saavutettavissa ja korjaustoimenpiteet vaativat esimerkiksi olemassa olevien rakenteiden purkamista (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria, 2022.)

4.3.3 Keskimääräinen seisona-aika – MDT (Mean Down Time)

Keskimääräinen seisona-aika (MDT) kertoo, kuinka kauan laite tai kone on ollut pois käytöstä vian ilmenemisestä siihen asti, kun korjaustyöt on saatu päätökseen. Tätä tunnuslukua käytetään yle-

sesti mittarina epäkäytettävyyssaihana. Tunnusluku liittyy myös vahvasti kunnossapidon kustannuksiin. Hyvällä suunnittelulla voidaan lyhentää laitteen epäkäytettävyyssaikaa esimerkiksi alasajon yhteydessä (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria, 2022.)

4.3.4 Keskimääräinen vikaantumisväli - MTBF (Mean Time Between Failures)

MTBF (Mean time between failures) tarkoittaa laitteen keskimääräistä aikaa, joka kuluu sen vikaantumisesta sen edelliseen korjaukseen eli alkuperäiseen kuntoon saattamiseen. Keskimääräistä vikaantumisväliä käytetään sekä laitteiden käyttöiän arvioimiseen että ennakkohuoltojen suunnitteluun (Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria, 2022.)

5 KUNNONVALVONTA OSANA KÄYTTÖVARMUUTTA

Kunnonvalvonta Varkauden pakkauskartonkitehtaalla on monimuotoista. Tehtaalla työskentelee yksi kunnonvalvontamittaja, jonka työnkuva on vaihtelevaa. Kunnonvalvojien tukena toimii kaksi luotettavuusinsinööriä. Kunnonvalvojien avulla saadaan ennakoivaa dataa alkavasta vikaantumisesta, jonka avulla pystytään välttämään odottamattomia laiterikkoja ja vaurioita. Varkauden tehtaalla on käytössä monia erilaisia kunnonvalvontajärjestelmiä.

Varkauden pakkauskartonkitehtaalla kunnonvalvontamittajan työ pitää sisällään datan keräämistä, tuloksien analysointia, vianetsintää ja raportointia. Kunnonvalvontamittaja toimii tehtaalla avainasemassa ennakoivan kunnossapidon osa-alueella. Kunnonvalvontamittajalla tulee olla vahva tekninen osaaminen, kyky analysoida dataa ja tehdä päätöksiä sekä hyvä ongelmanratkaisutaito. Yhteistyö voitelijoiden ja muiden ennakkohuolto henkilöiden kanssa on todella tärkeää ja on toteutunut tähän asti Varkaudessa pakkauskartonkitehtaalla loistavasti.

5.1 Kunnonvalvontajärjestelmät

Kunnonvalvontajärjestelmät ovat teknologisia ratkaisuja, joiden avulla voidaan seurata ja arvioida laitteiden, koneiden tai järjestelmien kuntoa. Näiden järjestelmien tarkoituksena on tunnistaa mahdolliset viat tai heikot kohdat ennen kuin ne aiheuttavat vakavia ongelmia. Tässä alaosiossa kerrotaan erilaisista kunnonvalvontajärjestelmistä, jotka ovat käytössä Varkauden pakkauskartonkitehtaalla.

5.1.1 Akustinen emissio

Akustisella emissiolla tarkoitetaan yleensä materiaalissa eteneviä korkeataajuisia jännitysaaltoja. Aaltoja syntyy muun muassa lyhyt kestoisista iskumaisista herätteistä ja myös kun materiaaliin muodostuu mikroskooppisia säröjä, jotka edelleen etenevät särönkasvuna. Säröytymisessä vapautuva tai iskuista aiheutuva energia etenee jännitysaaltona säteittäisenä aaltorintamana materiaalissa. Kun jännitysaallot osuvat kappaleen pintaan, aiheuttavat ne siinä niin sanottuja pinta-aaltoja eli Rayleighin-aaltoja tai Lamb-aaltoja. Kappale ei siten silminnähden värähtele eikä värähtelyä voi tuntea esimerkiksi käsin koskettamalla kappaleen pintaa. Näitä pinta-aaltoja voidaan mitata herkillä pintaa koskettavalla anturilla (Mikkonen 2009, 250.)

5.1.2 Schaeffler OPTIME

OPTIME on Schaeffler Groupin lanseeraama langaton kunnonvalvonta mittausjärjestelmä. Järjestelmä kerää lähes reaaliaikaista dataa OPTIME antureista, kuten lämpötila- ja värähtelytietoja. Schaeffler OPTIME tarjoaa mobiilisovelluksen avulla mahdollisuuden tarkistaa laitteiston tilaa ja vastaanottaa hälytyksiä älypuhelimilla tai tableteilla. Anturit käyttävät MESH-verkkoa tiedonsiirrossa. MESH-verkko koostuu solmuista, kuten laitteista tai reitittimistä, jotka ovat keskenään yhteydessä. (Schaeffler, 2023.)

5.1.3 Santasalo GearWatch

Santasalo GearWatch on tuote, joka tarjoaa kunnonvalvontapalveluja ja analytiikkaa teollisuusvaihteistoille ja voimansiirrolle. GearWatch kerää jatkuvasti dataa teollisuusvaihteistoista ja voimansiirroista käyttäen antureita ja valvontalaitteita. Tämä data kattaa tyypillisesti tekijät kuten lämpötila, värähtely, öljyn laatu ja virtausnopeus. Järjestelmä voidaan yleensä mukauttaa asiakkaan tarpeiden mukaisesti, jotta se sopii erilaisiin teollisuuden laitteisiin (Santasalo, 2023.)

5.1.4 ODR – kunnonvalvonta Varkauden pakkauskartonkitehtaalla

Oy SKF ab on kehittänyt yhdeksi ennakoivan kunnossapidon menetelmäksi ODR:n, Operator Driven Reliability eli käyttäjävetoisen kunnonvalvonnan. ODR-kunnonvalvonnan alkuaikoina Varkauden tehdas oli isosti mukana kehittämässä toimintaa. Ensimmäiset ODR-projektit toteutettiin PK3-alueella 2009. Varkauden tehdas ja Stora Enso Oyj on yksi ODR:än suurimmista käyttäjistä. Varkaudessa ODR-kierroksia tehdään melkein joka tehtaalla eri osastolla. Mittapisteitä on lähes 10 000 kappaletta. ODR-konseptin perusajatus on, että koneiden ja laitteiden käyttäjillä, eli operaattoreilla, on keskeinen rooli niiden kunnossapidossa ja luotettavuuden takaamisessa. Tämä edellyttää operaattoreilta koulutusta ja tietämystä koneiden toiminnasta ja huollosta. Operaattorit ovat ensimmäisiä, jotka havaitsevat mahdolliset ongelmat koneiden toiminnassa, ja he voivat aloittaa tarvittavat toimenpiteet nopeasti. Kunnonvalvonta on olennainen osa ODR:ää. Operaattorit osallistuvat koneiden ja laitteiden tilan seurantaan ja keräävät tietoa niiden kunnosta. ODR:n myötä operaattorit osallistuvat myös ennaltaehkäisevän ylläpidon toteuttamiseen. He voivat suorittaa yksinkertaisia huoltotoimenpiteitä, kuten voitelua tai puhdistusta, jotta laitteet pysyvät kunnossa ja vältetään odottamattomat viat. Tämä säästää aikaa ja resursseja verrattuna suuriin korjaustöihin.

Operaattorit eivät toimi yksin, vaan heidän keräämänsä tiedot ja havainnot raportoidaan ylläpito- tai kunnossapitotiimille. Tämä mahdollistaa ammattilaisten osallistumisen mahdollisten ongelmien ratkaisemiseen ja pitkäaikaisten korjausten tekemiseen. Näin varmistetaan, että laitteet toimivat optimaalisesti ja odottamattomat tuotantokatkot vältetään (Tiusanen 2023.)

6 KÄYTTÖVARMUUS

Käyttövarmuus tarkoittaa järjestelmän tai laitteen kykyä suorittaa haluttu toiminto tai tehtävä ilman odottamattomia katkoksia tai vikoja. Käyttövarmuus on tärkeä asia teollisuudessa, mutta myös ihmisten normaalien toimintojen ylläpitämisessä, kuten energiansaannissa ja terveydenhuollossa. Seuraavissa alaluvuissa käsitellään tarkemmin käyttövarmuutta.

6.1 Käyttövarmuus ja kunnossapidettävyyys

Käyttövarmuus viittaa käytännössä laitteen kykyyn toimia halutulla tavalla silloin, kun sitä tarvitaan ja ulkoiset resurssit ovat saatavilla. Ensimmäinen osa-alue on toimintavarmuus, joka voidaan määrittellä sen todennäköisyytenä, että laite pystyy suorittamaan siltä halutun toiminnon tietyinä ajankohdina ja tiettyjen olosuhteiden vallitessa. Kunnossapidon organisaation kykyä suorittaa tehtävä halutulla ajanhetkellä tai -jaksolla kuvataan kunnossapitovarmuudella.

Kunnossapidettävyyys taas liittyy siihen, miten hyvin laitteen toimintavarmuus voidaan ylläpitää tai palauttaa vaadittuun tilaan oikeiden menetelmien ja resurssien avulla. Kunnossapidettävyydellä on erilaisia alakäsitteitä, joita on suunniteltu ominaisuuksiksi. Luotettavuus tarkoittaa, miten helposti kunnossapitotehtäviin pääsee kohteessa. Vaihdeettavuus tarkoittaa, miten kohteen on suunniteltu vaihdettavaksi laitteen osan tilalle. Testattavuus tarkoittaa, miten helppoa laitteen kunto tai toiminta on testata. Vian paikantamiskyky tarkoittaa, kuinka hyvin laitteen viat voidaan etsiä ja paikantaa. Huollettavuus tarkoittaa käytännössä, kuinka helposti huolto voidaan suorittaa (PSK 6201, 2022.)

Käyttövarmuudelle on määritelty erilaisia mittareita, joita voidaan käyttää seuraamaan toiminnan kehitystä, tunnistamaan kehityskohteita ja päätettäessä eri vaihtoehtojen välillä investoinneissa. Mitarit ovat myös hyödyllisiä eri yksiköiden vertailussa yrityksen sisällä sekä kilpailijoihin verrattaessa (PSK 9101, 2022.)

6.2 Varkauden pakkauskartonkitehtaan käyttövarmuus

Varkauden pakkauskartonkitehtaalla käyttövarmuuteen panostettu lähivuosina paljon. Käyttövarmuus on kaiken perusta. Käyttövarmuuden parissa työskentelee kaksi luotettavuusinsinööriä, sekä yksi kunnonvalvontamittaja. Tehtaalla on toiminnassa käyttövarmuuden ohjausryhmä, joka koontuu neljä kertaa vuodessa käyttövarmuusasioiden parissa. Palaverissa tavoitteena varmistaa tehtaan käyttövarmuuden toteutuminen tavoitteiden mukaisesti. Ohjausryhmään kuuluu tehtaan johto ja käyttöpäälliköt (Pulkkinen 2023.)

6.3 Käyttövarmuussuunnitelma

Varkauden kartonkitehtaalla käyttövarmuussuunnitelma tehdään vuosittain, joka osastolle. Käyttövarmuussuunnitelman pohjalta tehdään käyttövarmuusanalyysi. Käyttövarmuussuunnitelman tarkoituksena on arvioida laitteiden ja järjestelmien toimintakyvyn luotettavuutta ja käyttövarmuutta, sekä tunnistaa mahdollisia riskejä ja haavoittuvuuksia, jotka voivat johtaa toimintahäiriöihin tai jopa tuotantokatkoihin. Analyysi perustuu laitteiden ja järjestelmien tarkastukseen ja testaukseen, sekä käytössä olevien tietojen analysointiin, jotta voidaan tunnistaa mahdolliset vikaantumisen syyt ja enna-

koivat huoltotarpeet. Käyttövarmuussuunnitelma auttaa parantamaan tuotantoprosessien tehokkuutta, vähentämään laitteiden vikaantumista johtuvia seisokkeja ja huoltokustannuksia, ja lisäämään tuotannon käyttövarmuutta ja luotettavuutta (Pulkkinen 2023.)

6.4 Käyttövarmuuden mittarit ja työkalut

Käyttövarmuuden mittaaminen ja seuranta ovat olennaisia osia sen varmistamisessa, että järjestelmät, laitteet tai prosessit toimivat luotettavasti ja tehokkaasti. Käyttövarmuuden mittarit ja työkalut auttavat tunnistamaan mahdolliset heikkoudet, ennakoimaan ongelmia ja parantamaan yleistä suorituskkyä. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi Varkauden pakkauskartonkitehtaalla käytössä olevia käyttövarmuuteen liittyviä mittareita ja työkaluja.

6.4.1 Jatkuvan parantamisen palaveri

JAPA-palaverien tavoitteena on vähentää toiminnan häiriöiden todennäköisyyttä sekä parantaa osaston suorituskkyä. Ryhmä kokoontuu kerran kuukaudessa ja siihen osallistuvat: tuotannon vastaavat, luotettavuusinsinöörit, alueen kunnossapitoinsinöörit, operaattoreita sekä kunnossapitoasentajia mahdollisuuksien mukaan. Palaverissa käydään muiden muassa läpi alueiden kunnossapitoilmoituksia, jos ilmenee toistuvia ilmoituksia, käydään läpi mahdollisia toimenpiteitä ja esitetään niitä tehtäväksi, jotta kyseiset toistuvia ilmoituksia aiheuttavat asiat korjaantuisivat. Mahdollisten juurisyyanalyysi tapausten läpikäynti on yksi tärkeimmistä asioista. Lisäksi JAPA-palaverissa kerätään ja priorisoidaan uusia tehtaan suorituskkyä lisääviä ideoita, tarkastellaan työlistan asioiden etenemistä ja käydään läpi muut ajankohtaiset asiat. Tarkastellaan työlistan asioiden etenemistä ja tilannetta, sekä käydään läpi muut ajankohtaiset asiat (Pulkkinen 2023.)

6.4.2 Juurisyyanalyysi

Juurisyyanalyysi on menetelmä, jonka avulla pyritään tunnistamaan ongelman tai tapahtuman perimmäinen syy sen sijaan, että käsiteltäisiin vain sen ilmenemismuotoja tai oireita. Tavoitteena on selvittää, miksi jotain tapahtuu ja mikä sen aiheuttaa, sen sijaan että keskityttäisiin vain ongelman pinnalliseen korjaukseen. Juurisyyanalyysin avulla pyritään luomaan ymmärrys siitä, mitkä tekijät vaikuttavat ongelmaan ja miten ne liittyvät toisiinsa.

Yleinen työkalu juurisyyanalyysissä on "Viisi kertaa miksi" -menetelmä, jossa kysytään peräkkäin viisi kertaa "miksi" ongelman syyn selvittämiseksi. Näiden perimmäisten syiden tunnistaminen auttaa tekemään tehokkaita muutoksia ja ennaltaehkäisemään samankaltaisia ongelmia tulevaisuudessa. Kuvassa 4. on esitetty esimerkki "Viisi kertaa miksi" menetelmän käytöstä.

Juurisyyanalyysia voidaan käyttää monilla eri aloilla, kuten yritysmaailmassa laadunhallinnassa, turvallisuuden parantamisessa, terveydenhuollossa ja monilla muilla toiminta-alueilla ongelmien syiden ja parannusmahdollisuuksien tunnistamiseksi (Nyyssönen 2023.)

Mikä on 5 x Miksi –menetelmä?

ESIMERKKI

Ongelma: Lisäaineen syöttö ei toimi

Miksi? Mikserin Magneettiventtiili ei toimi

Miksi? Venttiilin filteri tukossa

Miksi? Putkien reunoilta irtoaa likaa

Miksi? Putkissa on vettä

Miksi? Kuivain on alamittainen

Ratkaisu: vaihdetaan kuivain tehokkaampaan



Miksi?
Miksi?
Miksi?
Miksi?

Kuva 4. Kuvaleike Stora Enson oppimisympäristöstä viisi kertaa miksi menetelmästä. (Stora Enso Oyj, 2023, CC-BY-NC-ND)

6.5 Microsoft Power BI

Power BI on Microsoftin kehittämä liiketoimintaäly- ja analytiikkatyökalu, joka mahdollistaa organisaatioille datan visualisoinnin, analysoinnin ja jakamisen. Se on suosittu ratkaisu, joka tukee päätöksentekoa tarjoamalla kattavia raportointi- ja analyysiominaisuuksia. Varkauden pakkauskartonkitehtaalla Power BI-raportointi pohjasta löytyy paljon erilaisia analyysipohjia, joilla seurataan kunnossapidon tekemistä, kunnossapidon johtamista, kustannuksia sekä turvallisuuteen liittyviä mittareita. Tässä työssä Power BI-ohjelmaa on käytetty ennakkohuoltojen toteutumisen seuraamiseen. Tässä työssä Power BI-ohjelmaa on käytetty ennakkohuoltojen toteutumisen seuraamiseen, ja työkalun käyttöä on kuvattu paremmin kappaleessa 9.3.

7 TYÖSSÄ KÄYTETYT DATAN LÄHTEET

Kahdessa seuraavassa alaluvussa kerrotaan kahdesta suurimmasta työssä käytetystä datan lähteestä. Nämä kaksi pääasiallista tietolähdetä yhdessä tarjosivat kattavan kuvan käyttövarmuudesta, ja niiden yhdistelmä auttoi tekemään analyysia ja tuomaan esille mahdollisia kehityskohteita. Yksi suurimmista lähteistä liittyy henkilöstön haastatteluihin, joita käytiin kunnossapidon, tuotannon ja luotettavuusinsinöörien kanssa.

7.1 SAP-KUNNOSSAPITOJÄRJESTELMÄ

SAP on yksi maailman johtavista yritysohjelmistoista, joka on laajalti käytössä monilla eri toimialoilla. Yksi SAP-järjestelmän sovellusalueista on kunnossapidon hallinta, joka on tärkeä osa monia yrityksiä ja teollisuudenaloja. SAP-kunnossapitojärjestelmä on kokonaisvaltainen ratkaisu, joka tarjoaa tehokkaan ja automatisoidun tavan hallita laitteiden kunnossapitoa (SAP, 2023.)

Käyttökokemukseni mukaan voin todeta, että SAP-kunnossapitojärjestelmä mahdollistaa laitteiden kunnossapidon tehokkaan suunnittelun ja toteutuksen, mikä puolestaan parantaa laitteiden käytettävyyttä ja vähentää korjauskustannuksia. Järjestelmä sisältää useita eri ominaisuuksia, kuten ennakoin kunnossapidon suunnittelun, korjaavien toimenpiteiden hallinnan ja varaosien hallinnan.

Varkauden pakkauskartonkitehtaalla SAP-järjestelmä on ollut käytössä kauan. Hyvän raportoinnin ja laitteiden historiatietojen ansiosta on järjestelmässä erittäin paljon tietoa laitteiden häiriöstä ja historiasta. On myös erittäin tärkeää pitää järjestelmää ajan tasalla. Vikailmoituksiin oikeanlainen raportointi auttaa seuraavan kunnossapitotyön suoritusta ja onnistumista merkittävästi. Seuraavan häiriötilanteen tai vikaantumisen tapahtuessa pystyy vanhoista hyvin raportoiduista ilmoituksista lukemaan mitä laitteelle on aikaisemmin tehty, ja mikä mahdollisesti on vian aiheuttanut.

Ennakoiva kunnossapito on yksi SAP-kunnossapitojärjestelmän tärkeimmistä ominaisuuksista. Sen avulla voidaan suunnitella ja toteuttaa kunnossapitotoimenpiteitä ennen kuin laitteet hajoavat tai kärsivät vaurioita. Järjestelmän tietoja käyttäen pystyy ennustamaan laitteiden kuntoa eri mittareiden ja tietojen perusteella, mikä mahdollistaa huoltotoimenpiteiden suunnittelun ja toteutuksen oikeaan aikaan.

Korjaavien toimenpiteiden hallinta on toinen tärkeä osa SAP-kunnossapitojärjestelmää. Se mahdollistaa nopean ja tehokkaan vasteen, kun laitteet hajoavat tai kärsivät vaurioita. Järjestelmä hallinnoi kaikkia korjaavia toimenpiteitä, aina vikailmoituksen tekemisestä työn tilaamiseen ja toteuttamiseen asti. Tämä varmistaa, että kaikki korjaavat toimenpiteet toteutetaan nopeasti ja tehokkaasti, mikä puolestaan vähentää laitteiden seisokkiaikaa ja korjauskustannuksia.

SAP-kunnossapitojärjestelmä sisältää myös varaosien hallinnan, joka mahdollistaa varaosien tehokkaan hallinnan ja varaston optimoinnin. Järjestelmä antaa kattavan yleiskuvan varaosavarastosta, mikä helpottaa varaosien tilaamista ja varastohallintaa. Tämä vähentää varaosien turhaa tilaamista ja varaston ylläpitoon liittyviä kustannuksia. Varkauden tehtaalla on erittäin laaja varaosavarasto ja ammattitaitoiset varastotyöntekijät, joiden avulla varastossa asioiminen on helppoa ja mielekästä. Kattava varaosa valikoima on myös iso osa käyttövarmuutta.

7.2 APM – Asset Performance Management system

Tässä analyysissä suurimpana datan lähteenä on käytetty APM-työkalua. APM on tuotanto-omaisuuden hallinnan työkalu, joka tukee kunnossapitostrategia- ja investointipäätösten tekoa pohjautuen dataan. APM-työkalun datanlähteitä ovat ERP-toiminnanohjausjärjestelmä, MES-tuotannon johtamisen ja kehittämisen työkalu, automaatio- ja kenttäjärjestelmät. Kaikki data kerätään Microsoft Azure pilvipalveluun, josta se jalostetaan työkalun käyttöön.

APM-työkalu koostuu kuudesta eri osiosta, luotettavuusanalytiikka, käyttövarmuuden monitorointi, käyttövarmuussuunnittelu, elinkaaren hallinta, riskien hallinta ja online-järjestelmien integraatio. Luotettavuusanalytiikka perustuu datan käyttöön ja tilastollisiin menetelmiin järjestelmien luotettavuuden arvioinnissa. Tämä mahdollistaa varhaisten riskien tunnistamisen ja ennakoivan huollon. Analytiikan avulla voidaan optimoida resurssien käyttö ja parantaa pitkän aikavälin suorituskykyä. Jatkuvalla käyttövarmuuden monitoroinnilla varmistetaan, että laitteet toimivat suunnitellusti. Tällainen valvonta mahdollistaa nopean reagoinnin mahdollisiin häiriöihin ja minimoi käyttökatkoksiin vaikutukset. Se on elintärkeää teollisessa ympäristössä, jossa tuotantoprosessien tehokkuus on ensisijaisen tärkeää.

Käyttövarmuussuunnittelussa pyritään ottamaan huomioon luotettavuus jo suunnitteluvaiheessa. Tämä sisältää ratkaisujen valinnan, jotka parantavat järjestelmien kestävyyttä ja vähentävät odottamattomia vikatilanteita. Suunnittelun aikainen panostus luotettavuuteen voi maksaa itsensä takaisin elinkaaren aikana. Elinkaaren hallinta kattaa tuotteen tai järjestelmän koko elinkaaren, aina suunnittelusta poistoon asti. Tehokas hallinta mahdollistaa resurssien optimoinnin ja varmistaa, että laitteet toimivat parhaalla mahdollisella tavalla koko käyttöikänsä ajan. Riskien hallinta on välttämätön osa luotettavuuden hallintaa. Tunnistamalla ja arvioimalla mahdollisia riskejä voidaan ennakoida ongelmia ja ryhtyä toimenpiteisiin niiden minimoimiseksi. Tämä edistää paitsi luotettavuutta myös turvallisuutta ja liiketoiminnan jatkuvuutta. "Online"-järjestelmien integraatio parantaa tiedonkulun tehokkuutta ja reaaliaikaista päätöksentekoa. Esimerkiksi online-kunnonvalvontajärjestelmät mahdollistavat jatkuvan seurannan ja nopean reagoinnin muutoksiin. Integraatio eri järjestelmien välillä auttaa optimoimaan tuotantoprosesseja ja parantaa kokonaisvaltaista suorituskykyä.

Työkalu on rakennettu helpottamaan ja nopeuttamaan SAP- ja MES-datan analysointia ja tekemään algoritmien pohjalta nostoja, jotka voivat sisältää heikon trendin, johon tulee kohdistaa parantavia toimenpiteitä. APM-työkalu on ensisijaisesti luotettavuusinsinöörin ja käyttövarmuusasiantuntijan työkalu. APM-työkalun käyttökohteita on käyttövarmuusanalytiikka, investointien ja suurkorjauskohneiden päätöksenteon tukeminen, käyttövarmuussuunnitelmat ja JAPA-palaverit (Nyyssönen 2023.)

8 SELLUTEHTAAN KÄYTTÖVARMUUSANALYYSI

Tässä käyttövarmuusanalyysissä keskitytään koko sellutehtaan alueen toimintaan, koska analyysin jakaminen eri alueille on todella haastavaa. Alueiden prosessien vaikutus koko sellutehtaan tuotantoon on hyvin erilaista. Osaa sellutehtaan alueista voi seisottaa jopa päiviä ilman tuotannon häiriintymistä. Tällaisia alueita ovat muun muassa puunkäsittely ja meesauunille polttoainetta tuottava kaasutinlaitos. Puunkäsittelylaitosta ajetaan vain arkipäivisin kahdessa vuorossa, kello 6–22. Viikonloppuisin laitos on ajolla vain, jos laitoksen viikoittainen tuotantomäärä jostain syystä on ollut alhainen ja hake ei riitä viikonlopun ajaksi. Kaasutinlaitos, missä purusta tuotetaan tuotekaasua, joka poltetaan meesauunissa, ei ole kriittinen laitos sellutehtaan tuotantoon nähden. Kaasutinlaitoksen käyntihäiriöt eivät vaikuta sellutehtaan tuotantoon muuten, kuin lisäämällä kustannuksia raskaan polttoöljyn polttamisen vuoksi. Kaasutinlaitos pyritään pitämään tuotannossa mahdollisimman paljon, koska tuotekaasu on huomattavasti edullisempi ja ympäristöystävällisempi polttoaine raskaaseen polttoöljyyn verrattuna.

Käyttövarmuusanalyysissä analysoidaan sellutehtaan tuotannonmenetyksiä tuotannollisten syiden sekä teknisten häiriöiden näkökulmasta. Teknisten häiriöiden osuudessa jaetaan data mekaanisten häiriöiden ja sähköautomaatiohäiriöiden suhteen. Käyttövarmuuden ja analyysin kehittyminen on tässä analyysissä isona osana. Analyysissä tutkitaan noin kahden vuoden takaisia häiriötrendejä ja analysoidaan niiden tuloksia. Ennakoivan kunnossapidon kehittyminen Power BI-raportointi ohjelmaa käyttäen kuuluu osaksi analyysiä. Analyysin osana otetaan huomioon myös turvallisuusnäkökohdat, erityisesti silloin, kun kyseessä on kriittinen järjestelmä tai laite, joka saattaa aiheuttaa vaaratilanteita tai vahinkoa, jos se ei toimi oikein. Analyysin suurimpana datanlähteenä käytetään APM-työkälusta kerättyä dataa.

8.1 Käyttövarmuusanalyysi APM-dataan perustuen

Seuraavissa neljässä alaluvussa analysoidaan APM-työkalulla kerättyä dataa Varkauden sellutehtaan tuotantohäviöistä ja suunnittele mattomista seisakeista aikaväliltä 1.1.2022–15.10.2023. Aikajaksoksi valikoitui kyseinen aikaväli, koska vuoden 2022 alussa Efora Oy:n kunnossapidon toiminnot siirtyivät osaksi Stora Ensoa. Muutoksen yhteydessä raportoinnissa tapahtui muutoksia ja osa tiedoista poistui. Varkauden sellutehtaan kestäväkapasiteetti on 1020 ilmakeivattuatonna vuorokaudessa. Tuotantohäviö merkitään järjestelmään silloin, kun tuotantoa joudutaan pudottamaan alle 900 tonnin vuorokausituotantoon. Tapahtumasta voi olla useampi merkintä, mikäli ongelma jatkuu seuraavaan vuoroon saakka. MES-häviöraportteihin on lisätty tapahtuman aika, mutta siihen luottaminen ja sen tuomaa etua ei nähty tarpeelliseksi tämän analyysin teossa. Suunnittele mattomaksi seisakiksi, eli tuotannonpysähtymiseksi merkitään sellaiset tapahtumat, jotka johtavat hakkeensyötön pysähtymiseen. Hakkeensyötön pysähtymistä ei keittoprosessiin saada syötettyä haketta, jolloin keittotuotannon määrä alkaa pudota. TOP-listojen analysoinnissa on jaettu myös tuotantohäviöihin ja seisakkeihin johtaneet syyt alueittain. Aluejako on otettu suoraan APM-työkalusta.

8.2 Suunnittelemattomat seisakit

Suunnittelematon seisakki tarkoittaa odottamatonta ja ei-toivottua tuotantoprosessin keskeytymistä. Sellutehtaan osalta suunnittelematon seisakki tarkoittaa sitä, että hakkeensyöttö kuitulinjalle pysähtyy. Varkauden sellutehtaalla on ollut aikavälillä 1.1.2022- 15.10.2023 yhteensä 37 kappaletta selkeästi merkattua suunnittelematonta seisakkia, pois lukien lakot ja syyshuoltoseisakin alasajo (Taulukko 1.) Tarkan häviötonnin määrän laskeminen on haastavaa, koska kaikista seisakeista ei ole merkattu häviötonnien määrää. APM-datan mukaan häviötonneja kyseisissä seisakeissa on tullut yhteensä noin 5677 tonnia. Ensimmäisenä huomiona dataa kerätessä nousi esille, että syiden raportoinneissa on paljon puutteita. Noin kolmannes suunnittelemattomien seisakkien syistä on jäänyt syöttämättä, joka hankaloittaa käyttövarmuuden kehittämistä todella paljon. Suunnittelemattomien seisakkien syistä koostettuun taulukkoon laskettuja keskiarvoja tarkastelemalla voi huomata minkä tyyppisen häiriön tonnimäärät on keskiarvoltaan suurimpia. Tukkeumat ja mekaaniset häiriöt on keskiarvoltaan eniten fyysistä työtä vaativia häiriöitä. Kartonkikone PK3:n ongelmat vaikuttavat oleellisesti paljon myös sellutehtaan toimintaan. Kun massan kulutus loppuu äkillisesti, on sellutehtaalla toimittava ripeästi ja vähennettävä tuotannon määrää, koska massankulutus vähenee ja massan varastointikapasiteetti on rajallinen (Aartolahti, 2023.)

Kunnossapitoon liittyvien mekaanisten- ja sähkö/automaatiohäiriöiden määrä on vähäinen. Mekaanisten häiriöiden pieni määrä kertoo siitä, että Varkauden pakkauskartonkitehtaalla kunnonvalvonta ja ennakkohuollot toimivat suunnitellusti. Hyvin toimiva kunnonvalvonta mahdollistaa varhaisen häiriöiden havaitsemisen ennen kuin ne aiheuttavat merkittäviä ongelmia. Tämä antaa mahdollisuuden ryhtyä toimenpiteisiin ennen kuin laitteisto vaurioituu vakavasti aiheuttaen suunnittelemattoman seisakin. Sähkö- ja automaatiohäiriöitä ajanjaksolla oli yhteensä kuusi kappaletta. Varsinkin automaatiohäiriöt ovat erittäin haasteellisia havaita ajoissa siten, että ne eivät vaikuta prosessin ohjaukseen tai toimintaan. Seuraavissa kolmessa alaluvussa (9.1.1., 9.1.2, 9.1.3) käydään läpi kolme esimerkkiä, jotka ovat aiheuttaneet suunnittelemattoman seisakin (Holopainen, 2024.)

Taulukko 1. Suunnittelemattomien seisakkien syyt 1.1.2022-15.10.2023

HÄIRIÖN SYY	Lukumäärä	Häviötonnit	Keskiarvo (häviötonnit/lukumäärä)
PK3/MASSAVARANTO	1	544	544
TUKKEUMA	2	1125	563
SÄHKÖHÄIRIÖ	3	115	38
AUTOMAATIOHÄIRIÖ	3	285	95
SYÖ SYÖTTÄMÄTTÄ	11	1633	148
AJOTAPA	15	1610	107
Yhteensä:	35	5312	

8.2.1 Esimerkki: Tukkeuma

Tukkeumat oli keskiarvoltaan eniten häviötonneja aiheuttavia syitä (Taulukko 1.) Tässä esimerkki tukkeumasta. Suora lainaus MES-häviöraportin kommenttikentästä. ”Tuotanto jouduttiin pysäyttämään, koska siirtokierron valkolipeälinja meni tukkoon, putken puulaus vedellä ei auttanut tilannetta. Hakkeensyöttö jouduttiin pysäyttämään klo 8.15 aamulla. Takaiskuventtiili avattu ja kyseisestä toimenpiteestä ei hyötyä, puulattu lisää palovedellä, ei vaikutusta. Hälytetty paikallinen teollisuuspesuyritys paikalle, mutta heidänkään kalustollansa tukkeumaa ei saatu auki. Putki jouduttu

avaamaan kulmahiomakoneella ja puulattu sitä kautta. Putki saatu puhtaaksi. Putken uudelleen hitsaus haasteellista. Putki saatu hitsattua kasaan ja laitos tuotannolle”. Tässä kaikessa kesti yhteensä noin 15 tuntia ja tuotantohäviötä tuli yhteensä noin 563 tonnia (Holopainen, 2024.)

Tässä tapahtumassa kommentointi on jäänyt hieman epäselväksi, mutta kyseisen alueen työntekijät ymmärtävät varmasti mitä toimenpiteitä on tehty. Tapahtumien kommentointi MES-raporttiin on vaihtelevaa, osa henkilöistä kirjoittaa tapahtumat raporttiin asiaankuuluvasti, mutta osalta kommentointi ei onnistu tarpeeksi hyvin. MES-häviöraportin merkkaukseen voisi laatia ohjeistuksen, joka on koko tehdasalueella samanlainen. Tällöin jokaisella tehtaanosastolla merkkaukset olisivat yhtenäisiä ja helpottaisivat tietojen käyttöä.

8.2.2 Esimerkki: Ajotapa

Ajotavasta aiheutuvia seisakkeja oli aikavälillä yhteensä 15 kappaletta (Taulukko 1.) Noin puolet tapahtumista on MES-järjestelmässä ilman seisakin syyn selvitystä. Kolmasosa ajotapavirheiksi raportoiduista seisakin syistä liittyi hakepumpun ongelmiin. Tässä esimerkki selkeästä tapahtumasta, joka liittyy prosessiin kuulumattomasta tavarasta. Puskukuiduttimen tehtävä on mekaanisesti hiertää puunkuidut irti toisistaan. Lainaus on otettu suoraan MES-häiriöraportin kommenttikentästä. ”19.6.2023 puskukuidutin pysähtyi klo 4.20, joka aiheutti keiton pysähtymisen. Puskukuiduttimen ohituslinja tukossa, joten lajittelu pysähtyi klo 5.20. Hakekasan vuosihuoltoon liittyvistä tyhjennys toimenpiteistä pääsi hakehihnalle asfalttia tai jotain muuta maa-ainesta. Puskukuiduttimen terät hajoivat tämän vuoksi.” Tämän tapauksen vuoksi menetettiin tuotantoa 152 tonnia (Holopainen, 2024.)

8.2.3 Esimerkki: Koko tehdas

Merkintä ”koko tehdas” APM-järjestelmässä tarkoittaa yleensä tehtaan ulkopuolisista tekijöistä aiheutuvaa tekijää. Aikavälille sattui yksi tämältyyppinen tapaus, jossa tehdas putosi pois valtakunnan sähköverkosta, joten se aiheutti seisakin, jotta tehdas saatiin sähköttömäksi ja takaisin verkkoon. Lainaus MES-häviöraportin kommenttikentästä ” Tehdas pois valtakunnan verkosta. Vaati seisakin, että saadaan tehdas sähköttömäksi ja takaisin verkkoon. AA”. Asiaa syvemmin tutkittua saatiin selville, että tehdas ajautui sähkösaarekkeeseen eli tarvittava sähkö saatiin tuotettua tehtaan omilla turbiineilla. Saarekkeesta poistuminen ja valtakunnanverkkoon takaisin kytkeytyminen vaati kaikki tehtaan sähkölaitteet seis, jotta tahdistaminen onnistui. (Taulukko 1.) Myös työtaistelut ovat iso osa ulkopuolisista tekijöistä, jotka vaikuttavat tehtaan toimintaan (Holopainen, 2024.)

8.3 Tuotantohäviöt

Kuten kohdassa 8.1 todettiin tuotantohäviö tarkoittaa sitä, että sellutehtaan tuotantoa joudutaan pudottamaan alle 900 tonnin vuorokausituotantoon. Tuotantohäviöön johtavia tapahtumia oli 1.1.2022-15.10.2023 yhteensä 466 kappaletta, tämä tarkoittaa sitä, että tuotantoa on jouduttu pudottamaan useita kertoja viikossa tarkastelujakson aikana (Taulukko 2.) Laskennallisesti tuotantohäviöiden välinen taajuus olisi noin 1,4 vuorokautta. Todellisuudessa tuotantohäviötä aiheuttavien tapahtumien välinen taajuus saattaa olla jopa kuukausia. Seuraavissa kolmessa alaluvussa (9.2.1., 9.2.2, 9.2.3) käydään läpi kolme esimerkkiä, jotka ovat aiheuttaneet tuotantohäviön.

Taulukko 2. Tuotantohäviöiden syyt 1.1.2022-15.10.2023

TUOTANTOHÄVIÖN SYY	Lukumäärä	Häviötonnit	Keskiarvo (häviötonnit/lukumäärä)
VARUSTEVAURIO KK3	1	92	92
KÄYTTÖ	3	41	14
AUTOMAATIOHÄIRIÖ	9	3214	357
HÖYRYPULA	10	193	19
LIPEÄTILANNE	13	196	15
TUKKEUMA	22	1069	49
HAKEVARANTO	41	2050	50
SÄHKÖHÄIRIÖ	42	2223	53
MEKAANINENHÄIRIÖ	42	1931	46
AJOTAPA	54	3686	68
SYÖTTÄMÄTTÄ	90	6993	78
MASSAVARANTO	139	8432	61
Yhteensä:	466	30120	

8.3.1 Esimerkki: Ajotapa

Kuten taulukosta 2. käy ilmi, taulukossa mainitulla aikavälillä tapahtui yhteensä 54 tapausta, jossa ajotavan vuoksi on jouduttu pudottamaan tuotantoa. Suurin osa ajotapaan liittyvistä ongelmista liittyvät kuitulinjan massanpesu diffusööriin eli syrjäytyspesuri, joka toimii atmosfäärisessä paineessa. 2023 vuosihuoltoseisakissa käyttöönotetun uuden massapesuri DD-5090 jälkeen pesudiffusööri on poistettu käytöstä, joten pesudiffusööriin liittyvät ongelmat pitäisi olla tästä eteenpäin historiaa (Holopainen, 2024.)

8.3.2 Esimerkki: Massavaranto

Merkinnällä ”massavaranto” tarkoitetaan massan kulutukseen liittyviä ongelmia. Varkauden pakkaus-kartonkitehtaalla massaa käytetään sellunkuivauskoneella KK3:lla, sekä kartonkikone PK3:lla. Mikäli edellä mainituilla koneilla on ongelmia, joudutaan massan kulutuksen vähentymisen vuoksi pudottamaan kuitulinjan keittotuotantoa, koska massan varastointi kapasiteetti on rajallinen 1720 ad/t eli ilmakuivattuatonna. Tapauksia aikavälillä oli yhteensä 139 kappaletta, joista 14 liittyy PK3:n white-top-linerin ajojaksosta, jolloin sellun kulutus on pienempi, josta johtuu varastointikapasiteetin täyttyminen (Holopainen, 2024.)

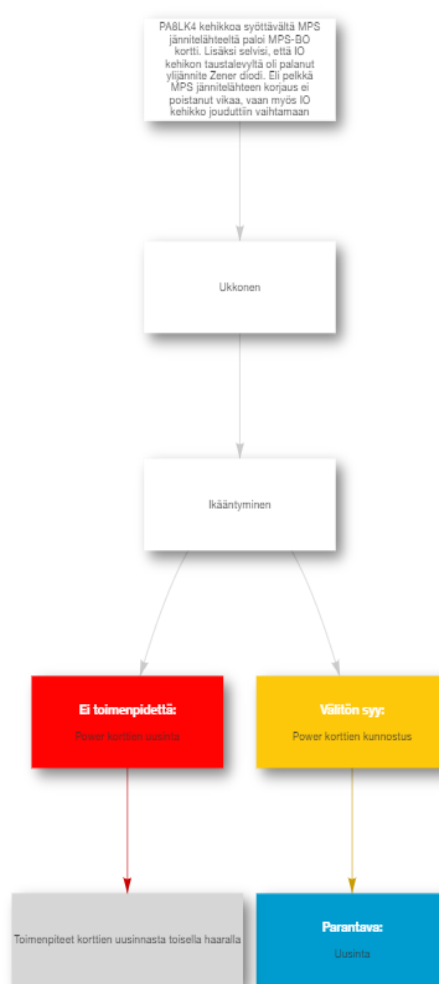
White Top-linerista noin puolet on valkaistua massaa, jota Varkaudessa ei valmisteta. (Taulukko 2.)

8.3.3 Esimerkki: Automaatiohäiriöt

Automaatiohäiriöt ovat erittäin haasteellisia havaita tarpeeksi aikaisin välttämättä suurempia ongelmia. Tuotantohäviöihin johtavia automaatiohäiriöitä tutkitulla aikavälillä oli yhteensä maltilliset 9 kappaletta. (Taulukko 2.) Varkauden pakkaus-kartonkitehtaalla on noussut viimevuosien aikana ongelmaksi automaatio- ja sähkötilojen korkeat lämpötilat, jotka ovat aiheuttaneet automaatiohäiriöitä, mutta sellutehtaan alueella ei noussut esille edellä mainitun tyyppisiä ongelmia. (Puustinen, 2024.)

Esimerkkitapauksena voidaan pitää soodakattilan äkillistä automaatiohäiriötä, joka johti soodakattilan alasajoon. Tapahtuman lähtötiedot, jotka oli syötetty juurisyyanalyysi-työkaluun: ”polttolipeän virtaus hiipui, koska ohjausjärjestelmä vika sulki HIV3205 PU9467/PU9479 RAUHOITUS venttiilin. Öljytulet kattilaan, lipeäkiertoa ei saatu päälle...Hälytetty vuorohuolto apuihin ja informoitu asiantuntijaa” (JSA-työkalu 2023).

Tapahtumasta tehtiin juurisyyanalyysi Stora Enson juurisyyanalyysi-työkalussa. Kuvassa 5. ote viisi kertaa miksi analyysipuusta. Viisi kertaa miksi menetelmän tarkoituksena on selvittää perinpohjaisesti mitä on tapahtunut ja miksi. Tässä automaatiohäiriössä ukkonen oli aiheuttanut ikääntyneelle Power-kortille ylijännitteen ja sen takia laite rikkoutui. Välittömänä toimenpiteenä laitteeseen vaihdettiin rikkoutunut Power-kortti uuteen.



Kuva 5. JSA-analyysipu (JSA-työkalu, 2023, CC-BY-NC-ND)

8.4 Tuotantohäviöihin johtaneiden syiden alueet

Seuraavissa kappaleissa analysoidaan taulukko dataa, joista löytyy aikavälillä 1.1.2023 – 15.10.2023 tapahtuneiden tuotantohäviöihin johtaneiden syiden alueet. Data on kerätty pääosin APM-työkalua käyttäen. Kuten taulukosta 3 havaitaan häviötonnien ja tapahtumien lukumäärä on eri kuin taulukossa 3. Tämä aiheutuu siitä, että aluejaossa ei ole otettu huomioon ulkoisia ongelmia, kuten lakkoja ja sähkökatkoja (viitaten kohtaan 9.1.3). Sellutehtaan käyttövarmuuden näkökannalta ei ole oleellista analysoida tehtaan ulkopuolisia ongelmia.

Taulukossa 2. on selkeästi esitetty sellutehtaan eri osa-alueet. Kuitulinjan kokonaisuus on jaoteltu viiteen eri osioon, joita ovat hakesyöttö, pesu, hakkeen käsittely- ja keitto, lajittelu (kuitulinja), kuitulinja. Soodakattilalaitos on jaoteltu kolmeen eri osa-alueeseen, joita ovat soodakattila automaatiopiiri, mustalipeän haihdutus, ja soodakattila. Merkintä "Meesauuni" sisältää kaikki kaustisointiin

liittyvät laitteet ja laitekokonaisuudet. Voimalaitos on omanaan ja sellunkuivauksella tarkoitetaan kuivauskone KK3:n prosessia. Lukumäärällisesti ja tonneittain suurin alue on PK3, johon kuuluu kartonkikoneen prosessi aina sakeamassatorneista valmiiksi pakattuun kartonkirullaan. Seuraavissa alaluissa analysoidaan tarkemmin kolmea satunnaisesti valittua aluetta.

Taulukko 3. Tuotantohäviöihin johtaneiden alueiden syyt 1.1.2022-15.10.2023

ALUE	Lukumäärä	häviö tonnit	Keskiarvo
PUUNKÄSITTELY	1	6	6
HAKESYÖTTÖ	2	79	40
MEESAUUNI	2	47	24
MEESAUUNI AUTOMAATIOPIIRI	2	26	13
SOODAKATTILA AUTOMAATIOPIIRI	9	395	44
VOIMALAITOS	10	193	19
PESU	13	1134	87
SELLUN KUIVAUS	13	434	33
MUSTALIFEÄN HAIHDUTUS	14	289	21
HAKKEEN KÄSITTELY JA KEITTO	21	1876	89
SOODAKATTILA	22	856	39
LAJITTELU (KUITULINJA)	32	1650	52
ALUESYÖTTÄMÄTTÄ	90	6993	78
KUITULINJA	96	4741	49
PK3	117	7701	66
Yhteensä:	444	26420	

8.4.1 Esimerkki: Sellunkuivaus

Sellunkuivauskoneen vuoksi aikavälillä jouduttiin kuitulinjan keittotuotantoa pudottamaan 13 kertaa. Kaikkien 13:sta tapauksen syynä oli mekaaninen häiriö (Taulukko 3). Laakeriviat ovat viimevuosien tuotannon kasvamisen vuoksi olleet yleisiä, jotka aiheutuvat siitä, että kuivauskoneen kiertovoiteluputkistot ovat alkuperäiset, jonka vuoksi laakerit vioittuvat puutteellisen voitelun johdosta. Kiertovoiteluputkistojen uusinta on roikkunut investointilistoilla jo vuosia. Kiertovoiteluputkistojen uusiminen lähitulevaisuudessa olisi kuivauskoneen käyttövarmuuden parantamiseksi merkittävä parannus (Holopainen, 2024.)

8.4.2 Esimerkki: Kuitulinja

Kuitulinjan osaston alle merkittyjä tuotantohäviö tapauksia oli yhteensä 96 kappaletta, joista 34 tapausta johtui puupulasta, jonka vuoksi sellutehtaalle ei saatu riittävästi raaka-ainetta (Holopainen, 2024.) Puupulan vuoksi tuotantoa jouduttiin vuoden 2022 alussa rajoittamaan paljon. Puupulan aiheutti Venäjän aloittama hyökkäyssota Ukrainaan, jolloin puun hankinta Venäjältä loppui.

8.4.3 Esimerkki: PK3

Kartonkikone PK3:n vuoksi sellutehtaan tuotantoa jouduttiin pudottamaan yhteensä 117 kertaa. Näistä tapauksista noin 20 kappaletta johtui koneella ajatun White Top- linerin eli valkopintaisen kaksikerroksisen aaltopahvin raaka-aineen vuoksi, jolloin sellun käyttö on vähäisempää. Aikavälille sattui myös seitsemän tuotannonrajoitusseisakeista johtuvaa merkintää (Holopainen, 2024.)

8.5 Suunnittele mattomaan seisakkiin johtaneiden syiden alueet

Tässä osiossa pureudutaan Varkauden sellutehtaan suunnittele mattomiin seisakeihin. Taulukossa 4. on jaoteltu suunnittele mattomiin seisakeihin johtaneet syyt alueittain. MES-datan perusteella aika-

välillä 1.1.2023-15.10.2023 Varkauden sellutehtaan alue on jaettu kymmeneen eri osaan. Taulukoon 4. on valittu ne alueet, joiden analysoinnista on todellista hyötyä (Holopainen, 2024.) Seisakkien määrän vertailussa on hyvä muistaa, että seisakkien pituutta ei ole otettu huomioon tässä analyysissä. Sellutehtaan seisakki tarkoittaa sitä, että hakkeensyöttö kuitulinjalle pysähtyy. Suunnittele-mattomien seisakkien määrä on maltillinen ja painottuu kuitulinjan alueelle. Tässäkin osiossa analysoinnin haasteena on se, että häiriöraporttiin ei ole merkattu aluetta, josta seisakkiin johtava syy on peräisin. Aikavälillä on yhteensä 11 tapausta, joiden syissä on puutteita. Seuraavissa alaluvuissa käydään läpi kaksi esimerkki aluetta ja niiden suurimpia häiriöitä.

Taulukko 4. Suunnittele-mattomaan seisakkiin johtaneiden alueiden syyt 1.1.2022-15.10.2023

ALUE	Lukumäärä	häviö tonnit	Keskiarvo
AUTOMAATIOPIIRI SOODAKATTILA	1	184	184
HAKESYÖTTÖ	1	152	152
LAJITTELU	1	563	563
PK3	1	544	544
AUTOMAATIOPIIRI KUITULINJA	2	101	50,5
KUITULINJA	5	920	184
ALUE SYÖTTÄMÄTTÄ	11	1633	148
HAKKEENKÄSITTELY JA KEITTO	14	1458	104
Yhteensä:	36	5555	

8.5.1 Hakkeen käsittely ja keitto

Hakkeen käsittelyyn ja keittoon liittyvissä häiriöissä suurimpana aiheuttajana on hakepumput. Hakepumppujen ongelmista aiheutui seitsemän seisakia. Hakepumput ovat kuitulinjan tärkeimmät pumput, jotka liikuttavat haketta hakesiilosta imeyttimeen, jossa keittokemikaalit imeytetään hakkeeseen. Hakkeenpumppaus on kuluttavaa ja hakkeen seassa saapuu satunnaisesti sinne kuulumattomia esineitä, kuten rautaa, kiviä ja muuta maa-ainesta (Aartolahti, 2024.)

8.5.2 PK3

Kartonkikone PK3:n ongelmien vuoksi sellutehdas jouduttiin ajamaan alas vain kerran aikavälillä 1.1.2022-15.10.2023, vaikka tuotantohäviöitä kartonkikoneesta johtuen oli yhteensä 117 kappaletta. Tässä tapauksessa massan kulutus loppui ja massatornit täyttyivät, joten sellutehtaan tuotanto täytyi pysäyttää (Holopainen, 2024.)

8.6 Ennakkohuollon toteutuminen

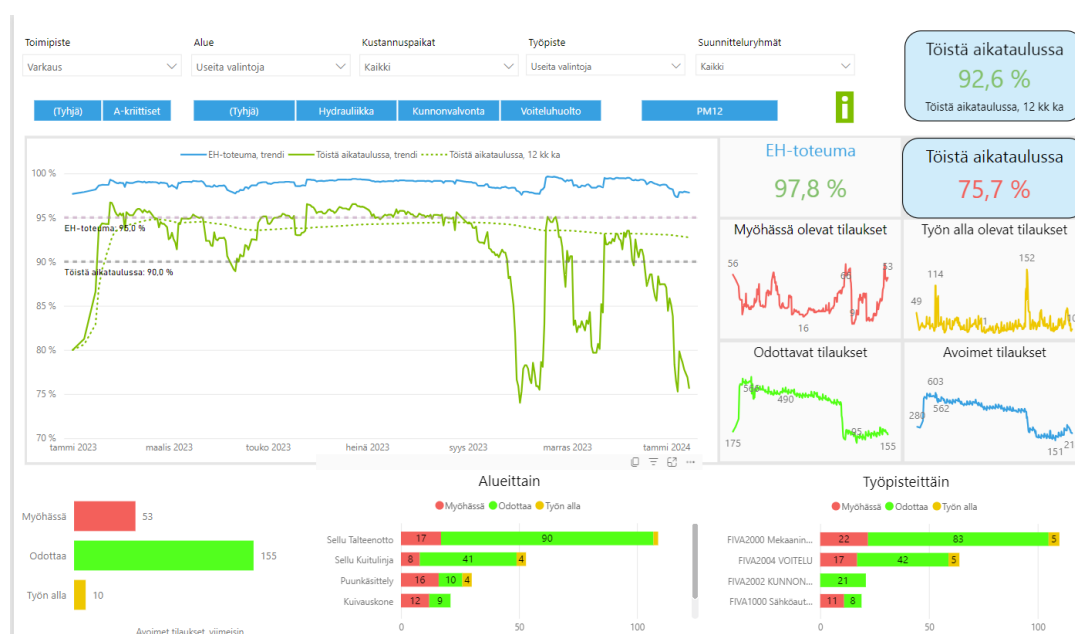
Varkauden sellutehtaalla tehdään viikoittain suuri määrä erilaisia ennakkohuoltotöitä. Toimiva ennakkohuolto-ohjelma on erittäin tärkeä osa käyttövarmuutta. Jos ennakkohuoltoja laiminlyödään voi syntyä niin sanottu ”negatiivinen kierre”, jolloin häiriökorjausten määrä kasvaa ja ennakkohuoltoja ei ehditä tekemään. Ennakkohuoltotöihin kuuluu muun muassa, voitelutyöt, säännölliset tarkastuskierrokset, antureiden ja mittalaitteiden kalibrointi ja erilaisia automaatiojärjestelmiin liittyviä ennakkohuoltoja (Pulkinen, 2023.) Kuvassa 6 näkyy Varkauden sellutehtaan ennakkohuoltojen toteuma sekä töiden aikataulu.

EH-toteuma on 97,8 prosenttia, joka kertoo siitä, että ennakkohuoltoja tehdään suunnitellusti. Viimeisimmän 12 kuukauden työt on saatu tehtyä pääsääntöisesti aikataulussa (Power-BI, 2023). Trendejä tutkiessa pystyy hyvin huomaamaan, milloin sellutehtaalla on pidetty pidempi huoltoseisakki.

Huoltoseisakkien aikana tuotanto ja laitteet pysäytetään korjaustöitä varten. Vuosihuoltoseisakeissa tehdään erittäin paljon korjaus-, puhdistus- ja tarkastustöitä. Suunnitelluissa huoltoseisakeissa pyritään kaikki ohjaamaan kaikki resurssit senkaltaisiin töihin, joita ei voi tehdä käynninaikana. Ennakkohuollot ovat käynninaikaista työtä ja suurin osa töistä onnistuu ilman prosessinlaitteiden pysäytystä.

Syksyllä pidetyn syyshuoltoseisakin jälkeen ennakkohuoltojen toteuma trendi on laskusuunnassa.

16.1.2024 myöhässä suunnitellusta aikataulusta olevia EH-töitä on yhteensä 53 kappaletta, joista 22 kappaletta on mekaanisen kunnossapidon työpisteellä, 17 kappaletta voiteluhuollon työpisteellä, 11 kappaletta sähkö- ja automaatiokunnossapidon työpisteellä ja kolme kappaletta hydraulikkahuollon työpisteellä. (Power-BI, 2023) Toteutuneiden töiden seuraaminen Power BI-raporteista on yksinkertaista ja selkeää.



Kuva 6. Ennakkohuoltojen toteuma 1.1.2023-1.1.2024 (Power-BI, 16.1.2024, CC-BY-NC-ND)

9 KEHITYSTOIMET

Seuraavassa kahdessa alaluvussa käydään läpi kehitystoimia sellutehtaan käyttövarmuuteen liittyen, sekä käyttövarmuusanalyysin tekemiseen liittyviä asioita. Kehitystoimissa on otettu huomioon pääasiassa isoja kokonaisuuksia eikä pureuduta yksittäisiin tapahtumiin, koska tapahtumia on paljon.

9.1 Käyttövarmuusanalyysiin tekemiseen liittyvät kehitystoimet

Käyttövarmuusanalyysin tekemiseen liittyviä kehitystoimia nousi esille tätä opinnäytetyötä tehdessä paljon. Tärkeimpänä asiana käyttövarmuusanalyysiä tehdessä tuli esille tapahtumien raportoinnin selkeys ja luotettavuus. Tämänäyttypisissä asioissa on Varkauden pakkauskartonkitehtaalla paljon kehitettävää. Dataa löytyi analyysiä varten paljon, mutta datan laatu, selkeys ja luotettavuus ei ole sillä tasolla, että analyysin tekeminen olisi helppoa ja jouhevaa. Pienillä raportointiin liittyvillä muutoksilla saadaan datan keräämisestä ja analysoinnista paljon helpompaa. Tuotantohäviöiden sekä suunnittelemattomien seisakeiden syyt eivät voi jäädä syöttämättä raportointijärjestelmään, mikäli käyttövarmuutta halutaan kehittää. Tapahtumien kommentointia MES:iin on parannettava, jotta myöhemmin dataa läpikäydessä on helppoa havaita, mitä kyseisessä tapauksessa on tapahtunut ja miksi. Jos tapauksesta avataan juurisyyanalyysi, on juurisyyanalyysin tunnus hyvä laittaa tapahtuman lisätietoihin.

9.2 Varkauden sellutehtaan käyttövarmuuteen liittyvät kehitystoimet

Varkauden sellutehtaan käyttövarmuus on hyvällä tasolla. Tässä osiossa käydään lukuisien henkilöhaastattelujen ja avoimien keskustelujen perusteella on esiin nousseita kehitystoimenpiteitä.

9.2.1 MES-merkinnät

Analyysia tehdessä tutkittiin MES-häviöraporttia ja poikkeimien merkinnän osalta paljastui vakavia puutteita. Yli sadassa tapahtumassa ei ole syytä raportoituna. Jos merkintä on puutteellinen, on erittäin työlästä selvittää syyn aiheuttajaa jälkikäteen. Yleensä alueen henkilöstö muistaa tapahtumat ja niiden syyt hyvin pitkänkin ajan päähän, mutta asiaan perehtymättömän henkilön on hyvin haastavaa löytää tarvittavat tiedot tapahtumasta. Tässä työssä tarkastelujakso on melko lyhyt, joten asiat on helpompi muistaa. Jos halutaan pitkäaikajakson analysointia niin tapahtumien huonot merkinnät hankaloittavat analyysin tekemistä todella paljon. Jos käyttövarmuutta halutaan kehittää, niin analysoidavan datan on oltava laadukasta. MES-häviöraportissa merkkaukset tapahtuu siten, että jos samainen tapahtuma, josta merkkaukset on tehty, jatkuu vuoron vaihtuessa, niin samasta tapahtumasta tehdään uusi merkintä. Merkkauksissa on näkyvissä tapahtuman aika ja häviötonni määrä, mutta data ei ole luotettavaa ja niissä on paljon aukkoja. Suurimmissa osissa tapahtumanajaksi on määritetty joko 0 tai 1 tunti, joten sen vuoksi analysoinnissa ei voi käyttää tapahtumanaikaa suureena.

9.2.2 Henkilöstömuutokset

Henkilömuutoksia tapahtuu aina työpaikalla ja niiden vaikutusta käyttövarmuuteen ei voi sivuttaa. Henkilöstömuutokset voivat aiheuttaa käyttövarmuusongelmia, erityisesti jos avainhenkilöt, jotka ovat vastuussa kriittisistä järjestelmistä tai prosesseista, jättävät organisaation tai siirtyvät uuteen

tehtävään tehtaan sisällä. Uudet työntekijät tarvitsevat aikaa ja koulutusta sopeutuakseen ja ymmärtääkseen järjestelmät. Laadukkaalla perehdyttämisellä pystytään varmistamaan, että asia tapahtuvat oikealla tavalla ja sovittuja prosesseja noudattaen.

9.2.3 Varaosat ja niiden saatavuus

Varaosien hallinta ja pitkät toimitusajat ovat nykypäivänä valitettavan yleisiä. Vaikeudet saada tarvittavia varaosia ajoissa voivat aiheuttaa toimintakatkoksia. Tänä päivänä varaosilla voi olla todella pitkiä toimitusaikoja, joten on pidettävä huolta siitä, että häiriöihin reagoidaan nopealla aikataululla ja varastossa pidetään kriittisiä varaosia. Kriittisten varaosien tunnistaminen pitäisi aloittaa jo uuden laitehankinta projektin alkaessa. On myös huolehdittava siitä, että vuorohenkilöstö osaa etsiä ja vaihtaa varaosia silloin, kun päivähenkilöstö ei ole paikalla.

9.2.4 Kiinteistöjen kunto

Varkauden pakkauskartonkitehtaan ensimmäiset rakennukset on rakennettu jo 1900-luvun alkuvuosina. Vanhat kiinteistöt tuovat omat haasteet niiden kunnossapitoon liittyen. Kiinteistöjen kunnossapidosta on luotu PTS eli pitkäntähtäimensuunnitelma. Pitkän tähtäimen suunnitelma kattaa yleensä pidemmän ajanjakson, usein useita vuosia, ja se asettaa tavoitteet ja toimenpiteet, jotka on suunniteltu toteutettavaksi tulevaisuudessa. PTS-suunnitelmaa tarkastellessa pystyy huomaamaan, että korjausvelkaa on suurimäärä. Varkauden pakkauskartonkitehtaalla kiinteistöjen kunnossapito on ulkoistettu ja kunnossapitoon kuuluu kiinteistösähkö- ja automaatiohuollot, rakennuskunnossapito ja LVI-kunnossapito. Ulkoistetun kiinteistökunnossapidon valvominen on haastavaa ja resurssit seurantaan ovat vähäiset. Varsinkin vanhojen kiinteistöjen kattojen kunnossapito on haasteellista, koska rakennuksien laajennusten myötä kattopinnat ovat monitasoisia. Ulkoistetun kiinteistökunnossapidon sopimuksien kanssa on aika ajoin erimielisyyksiä siitä, mitkä laitteista ja tiloista kuuluu kiinteistönhuoltoon ja mitkä prosessin osiin. Huoltosopimuksia laadittaessa olisi tärkeää neuvotella sopimus mahdollisimman selkeästi, jotta molemmat osapuolet tietävät vastuunsa.

9.2.5 Sähkö- ja automaatio kunnonvalvonta

Tällä hetkellä Stora Enson Varkauden pakkauskartonkitehtaalla ei ole erillistä sähkö- ja automaatio kunnonvalvontaohjelmaa, pois lukien lämpökamerakuvaus kytkemöissä. Automaatio- ja sähköjärjestelmissä on ennakko- ja huolto suunnitelmat ja niitä toteutetaan Varkaudessa suunnitelmien mukaisesti. Ennakko- ja huoltotoihin kuuluu säännöllisiä tarkastuksia, ohjelmistopäivityksiä ja järjestelmien suorituskyvyn tarkkailua. Markkinoilla on tarjolla ratkaisuja teollisuuden sähkönsäätö- ja valvonnan kunnonvalvontaan. Kunnonvalvonnan kehittämiseksi tässä voisi olla yksi kehityskohde.

9.2.6 Sähkötöiden jäähdytys

Sähkö- ja automaatiotöiden jäähdytykset ovat nousseet pinnalle viime vuosina Varkauden pakkauskartonkitehtaan käyttövarmuudessa. Sähkötöiden lämpötilalla on merkittävä vaikutus laitteiden käyttöikänsä ja suorituskyvyn. Sähkötöiden korkea lämpötila voi aiheuttaa useita ongelmia, kuten laitteiden vikaantumisen, ylikuumenemisen, suorituskyvyn heikkenemisen ja jopa tulipaloriskin. Selluteh-

taan alueelta ei löytynyt selviä tapauksia, joissa sähkötilojen lämpötila olisi aiheuttanut tuotantohäviön tai suunnittelemattoman seisakin. Asiaa tutkiessa paljastui kuitenkin muutamia riskejä sähkötilojen jäähdytykseen liittyen.

Sähkötilojen jäähdytyslaitteita ei ole kahdennettu, joten jäähdytyslaitteen hajotessa on jouduttu asentamaan siirrettäviä jäähdyttimiä, joiden teho ei ole riittävä. Sähkötilojen ovet on oltava lukituina turvallisuudesta johtuen. Sähkötiloihin pääsy vaatii koulutuksen ja sähkötilojen kulkua seurataan. Sähkötilojen ovien auki jättäminen jäähdytyksen parantamiseksi, ei siis ole oikea tapa toimia. Varkauden pakkauskartonkitehtaalla jäähdytyslaitteet ovat vanhoja ja niiden varaosia ei ole saatavissa tehtaan omissa varastoissa. Laitekanta on liian laaja, joten kaikkien laitteiden varaosia ei ole edes kannattavaa pitää varastoissa (Puustinen, 2024.)

Uusia laitekokonaisuuksia ja prosessiin liittyviä laiteinvestointeja suunnitellessa ja rakentaessa ei ole otettu huomioon sähkötilojen jäähdytyskapasiteettia. Sähkötiloissa laitteiden lisääntyessä myös tilojen lämpökuorma kasvaa, joten jäähdytyksen on oltava tehokkaampaa.

SAP-järjestelmästä löytyy ennakkohuoltosuunnitelmat sähkötilojen jäähdytyskoneille, mutta ennakkohuolto-ohjeet ovat puutteelliset. Kesäisin ulkolämpötilan noustua jäähdytys- ja ilmastointilaitteiden täytyy toimia moitteettomasti. Pitkät hellejaksot ja laiminlyödyt huollot yleensä aiheuttavat ongelmia jäähdytyskoneissa. Huoltoilmoituksessa täytyisi lukea selvästi, mitä huollossa täytyy tehdä ja tarkistaa. Kesälomien aikana huoltoja saattaa olla tekemässä sellainen henkilö, joka ei ole kyseistä laitetta ennen huoltanut, joten ohjeiden täytyy olla selkeät. Kuvassa 7. on kuvakaappaus SAP-kunnossapitojärjestelmään luodusta ennakkohuoltoilmoituksesta, jossa ei ole mitään ohjeita huoltotyöstä.

Sähkötilojen korkea lämpötila voi pahimmassa tapauksessa aiheuttaa tuotantohäviöitä tai jopa suunnittelemattomia seisakkeja.

Muuta KP-ilmoitusta: Ennakkohuoltoilmoitu

Kumppani

Ilmoitus 27516256 15 LVI_5621A_ILM ilmastointikoje

Ilmoit. tila ILKÄ KÄYN

Tilaus

Ilmoitus Asiakirjat Huoltosuunnitelma

Viiteobjekti

Toimintopaikka VA-II-31621 SÄHKÖTILA KT-0316 JÄÄHDYTYSPUHALLIN

Laite

Asiasisältö

Kuvaus LVI_5621A_ILM ilmastointikoje

14.11.2023 20:30:19 CET *AUTOMATIC BATCH INPUT USER* (EG-BATCH)
KYLÄLAITTEEN VUOSIHUOLTO

Vastuut

Suunn.ryhmä 912 / 1715 Rakennukset

Vast. työpiste FIVA3006 / 1715

Ilmoittaja IP1020061208 Ilmoituspvm 14.11.2023 20:30:19

Rajapäivämäärät

Haluttu alku 17.09.2023 00:00:00 Priorit.

Haluttu loppu 17.09.2023 00:00:00

Kuva 7. Jäähdytyspuhaltimen ennakkohuoltoilmoitus (SAP, 2023, CC-BY-NC-ND).

10 YHTEENVETO

Varkauden pakkauskartonkitehtaalla tehdään erittäin paljon töitä käyttövarmuuden suhteen ja tämä työ ei ole mennyt hukkaan. Lukuisten ”kahvipöytäkeskustelujen”, haastattelujen ja tutkimuksien jälkeen voi todeta, että Varkauden sellutehtaan käyttövarmuus on nousujohteinen. Viimevuosien suurien investointien ja kehittyneiden järjestelmien merkitys alkaa näkyä jo lyhyellä aikajänteellä. Uuden massapesuri DD-5090-projektin jälkeen on päästy eroon vanhasta diffusööristä, joka aiheutti valtavasti haasteita. Kunnonvalvontajärjestelmien laajentuessa teknisten häiriöiden määrä on pudonnut. Ennakkohuoltojen toteutuminen on viime aikoina mennyt hieman huonompaan suuntaan, mutta toistaiseksi ei ole mitään merkkejä ”negatiivisesta kierteestä”. Käyttövarmuuteen liittyvien mittareiden ja tilastoitujen tietojen analysointi on käyttövarmuuden kehittämisen kannalta tärkeää. Tässä opinnäytetyössä on pyritty tarkastelemaan kaikkia Varkauden sellutehtaan käyttövarmuuteen liittyviä asioita. Työn tavoitteena oli analysoida viimeisen noin kahden vuoden tilannetta, tunnistaa mahdollisia heikkouksia ja esittää suosituksia käyttövarmuuden parantamiseksi sellutehtaalla.

Työn tavoitteeseen pääseminen ei ollut niin yksinkertaista, miltä työn aloittaessa tuntui. Tietolähteitä ja dataa työn aiheesta on valtavasti, mutta kaikki data ei ollut aukotonta. Tietojen raportointiin olisi hyvä kehittää selkeä ohjeistus, jotta raportoinneista saisi jatkossa enemmän hyötyä irti. Haastattelut olivat suuri osa työtä ja jokaisen haastatellun henkilön näkemys käyttövarmuudesta on hieman erilainen. Huomioita, ideoita ja kehitystoimia nousi esiin todella paljon. Myös eri osa-alueiden henkilöillä oli oman alan näkemyksiä aiheesta, joka toi runsaasti oppia siitä, kuinka monelta eri kantilta käyttövarmuutta voi analysoida ja tulkita. Työn lopputulokseksi saatiin selkeä ja ytimekäs analyysi, jossa otettiin huomioon kaikki käyttövarmuuteen liittyvät asiat, joihin tehtaan henkilökunta pystyy omalla ammattitaidollaan ja työnteollaan vaikuttamaan. Ulkopuolisten asioiden vaikuttamista tehtaan toimintakykyyn on turhaa analysoida liikaa.

11 POHDINTA

Viime vuosina maailma on kohdannut useita negatiivisia tapahtumia, joilla on ollut laajoja vaikutuksia maailmantalouteen ja erityisesti teollisuuteen. Merkittävimmät näistä tapahtumista ovat olleet Covid-19-pandemia, energiakriisit ja öljyn hinnan epävakaas, geopoliittiset jännitteet, ilmastonmuutos ja luonnonkatastrofit sekä teknologiaan liittyvät haasteet.

Covid-19-pandemia on aiheuttanut terveyskriisejä ja vaikuttanut suoraan teollisuuteen sulkemalla tehtaita, katkaisemalla toimitusketjuja ja vähentämällä kysyntää. Energiakriisit ja öljyn hinnan vaihtelut ovat vaikuttaneet energiariippuvaisten teollisuudenalojen kustannuksiin. Geopoliittiset jännitteet ovat vaikuttaneet raaka-aineiden saatavuuteen ja toimitusketjuihin. Ilmastonmuutos ja luonnonkatastrofit ovat aiheuttaneet suoria vahinkoja teollisuuslaitoksille ja häiriöitä toimituksissa. Lisäksi teknologiaan liittyvät haasteet, kuten kyberhyökkäykset, ovat luoneet riskitekijöitä teollisuusjärjestelmille. Nämä tapahtumat ovat korostaneet teollisuuden haavoittuvuuksia ja pakottaneet yrityksiä sopeutumaan nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. Toimitusketjujen haavoittuvuudet ovat tulleet selvästi esiin, ja yritykset ovat joutuneet tarkastelemaan liiketoimintamallejaan uudelleen. Samalla vastuullisen liiketoiminnan merkitys on korostunut, kun ilmastonmuutokseen ja sosiaaliseen vastuuseen kiinnitetään entistä enemmän huomiota.

Teollisuuden on oltava jatkuvasti valmis sopeutumaan muutoksiin, kehittämään vastustuskykyään ja pyrkimään kestäväan liiketoimintaan. Yritysten on tärkeää kehittää strategioita, jotka ottavat huomioon nämä monimuotoiset riskitekijät ja samalla edistävät liiketoiminnan kestävyttä tulevaisuudessa.

Myös käyttövarmuus nousee entistä keskeisemmäksi tekijäksi haasteellisina aikoina. Käyttövarmuus merkitsee kykyä ylläpitää suunniteltua toimintaa ja tuotantoa, vaikka kohtaisi odottamattomia häiriöitä tai vaikeuksia. Se korostuu erityisesti kriisitilanteissa, toimitusketjun häiriöissä, energian saatavuudessa ja kustannuksissa, geopoliittisissa jännitteissä, teknologisissa uhkissa sekä ilmastonmuutoksen ja ympäristötekijöiden vaikutuksissa. Kriittisten laitosten tai prosessien käyttövarmuus voi olla tärkeä osa esimerkiksi huoltovarmuuden kannalta. Käyttövarmuus saattaa siis liittyä yksittäisen laitoksen luotettavan toiminnan lisäksi myös laajempaan kokonaisuuteen, ja siksi käyttövarmuuden parantamiseen keskittyvä työ on tärkeää ja merkityksellistä. Laitoksen käyttövarmuudella voi olla siis muutakin merkitystä kuin pelkästään kyseisen laitoksen tuotannon kannalta.

Käyttövarmuudella on merkittävä vaikutus yrityksen tulokseen monin tavoin. Tehokas käyttövarmuuden ylläpito parantaa tuotannon tehokkuutta, vähentää toimitusketjun häiriöitä ja lisää kustannustehokkuutta. Tämä puolestaan vaikuttaa positiivisesti asiakastyytyväisyyteen ja vahvistaa brändin mainetta luotettavana toimijana markkinoilla. Käyttövarmuuden merkitys näkyy myös riskienhallinnassa, kun yritys kykenee tunnistamaan ja hallitsemaan odottamattomia tapahtumia. Yrityksen kyky toimittaa tuotteita suunnitellusti ja laadukkaasti edistää asiakassuhteiden vahvistumista ja voi houkuttaa uusia asiakkaita. Kustannustehokkuuden parantuminen johtaa myös säästöihin, kun vältetään ylimääräiset huoltotoimenpiteet ja hätäkorjaukset. Kokonaisuudessaan korkea käyttövarmuus tukee yrityksen kilpailukykyä, lisää sen vastustuskykyä haasteisiin ja edistää pitkäaikaista liiketoiminnan kestävyttä. Yritykset, jotka panostavat käyttövarmuuden hallintaan, voivat odottaa myönteisiä vaikutuksia taloudelliseen suorituskykyynsä sekä asiakas- ja sijoittajasuhteisiinsa.

Teollisuudessa on oltava valmiita sopeutumaan nopeasti muuttuviin olosuhteisiin. Käyttövarmuus liittyy joustavuuteen ja kykyyn varmistaa tuotannon jatkuvuus vaikeissakin tilanteissa. Pandemiat, energiakriisit ja muut negatiiviset tapahtumat ovat korostaneet toimialan haavoittuvuuksia, ja yritykset panostavat yhä enemmän ennakoivaan suunnitteluun, varautumiseen ja vastuulliseen liiketoimintaan varmistaa käyttövarmuuden vaikeissakin olosuhteissa. Tässä yhteydessä teknologian rooli, toimitusketjujen hallinta, energiatehokkuus ja ympäristövastuullisuus korostuvat keskeisinä osa-alueina. Yritykset, jotka kykenevät kehittämään ja ylläpitämään vahvaa käyttövarmuutta, ovat paremmassa asemassa vastaamaan teollisuudenalan moninaisiin haasteisiin.

Opinnäytetyön tekeminen työaikaan osoittautui haastavaksi, mutta samalla erittäin palkitsevaksi prosessiksi. Aikataulujen sovittaminen työvelvoitteiden kanssa vaati huolellista suunnittelua ja tehokasta ajankäyttöä. Haasteista huolimatta kuitenkin huomasin, että työn tekeminen osana työympäristöä toi mukanaan ainutlaatuisia etuja. Kiinnostus tämänkaltaiseen teollisuuteen auttoi motivoimaan työntekemistä.

Opinnäytetyön aihe, joka liittyi sellutehtaan käyttövarmuuden analysointiin ja käyttövarmuuden parantamiseen, osoittautui todella mielenkiintoiseksi. Päästessäni syvemmälle analyysin maailmaan, huomasin, kuinka monipuolinen ja monimutkainen teollisuudenala tämä todella on. Tämä herätti mielenkiintoni ja innostukseni, mikä auttoi minua pysymään motivoituneena, vaikka työaikahaasteet olivatkin läsnä. Työn edetessä opin valtavasti sellutehtaan toiminnasta, prosesseista ja siitä, kuinka erilaiset tekijät voivat vaikuttaa käyttövarmuuteen. Opin myös soveltamaan teoreettista tietoa käytännön tilanteisiin ja kehittämään ratkaisuja mahdollisiin heikkouksiin. Vaikka työaikahaasteet aiheuttivatkin ajoittain stressiä, onnistuminen ja oppiminen tekivät kokemuksesta todella palkitsevan. Se osoitti, että kyky hallita aikaa ja priorisoida tehtäviä on keskeinen taito sekä opinnäytetyön tekemisessä, että työelämässä.

Yhteenvedona opinnäytetyöstä voin todeta, että vaikka matka oli haastava, se oli samalla antoisa ja opettavainen. Sain syventävää tietoa aiheesta ja samalla kehitin tärkeitä taitoja, jotka ovat siirrettävissä tuleviin ammatillisiin haasteisiin. Kokemus vahvisti myös ymmärrystäni siitä, kuinka työskennellä tehokkaasti ja antoi valmiuksia jatkuvaa oppimista varten tulevaisuutta ajatellen. Aiheen syvälinen ymmärtäminen ja kyky soveltaa jo aiemmin korkeakoulussa oppimiani asioita ovat olleet arvokkaita kokemuksia, joista on apua työelämässä ja ammatillisessa kehittämisessä.

LÄHTEET

- Aartolahti, Antti 2023. Käyttöpäällikkö, sellutehdas. Stora Enso Oyj. Haastattelut 1.8.-31.12.2023.
- DB Santasalo. Kunnonvalvonta ratkaisut. Verkkojulkaisu. Vaihteen kunnonvalvonta. <https://dbsantasalo.com/condition-monitoring>. Viitattu 3.11.2023.
- Holopainen, Juho 2024. MES-häviöraportti. Excel-tiedosto. Käyttövarmuusanalyysi. Stora Enso Oyj.
- JSA-työkalu 2023. Tapahtuman lähtötiedot. Verkkojulkaisu. Tapahtuman lähtötiedot JSA-työkalussa. https://se-rootcauseanalysis-prod-wa.azurewebsites.net/#/analysis/RCA_00003960/summary. Viitattu 22.12.2023.
- KnowPulp. 2023. <http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/kps/ui/process/general/ui.htm>. Viitattu 24.10.2023.
- KnowPulp 2023a. Nykyaikainen puunkäsittely KnowPulpin mukaan. Verkkojulkaisu. Nykyaikainen puunkäsittely KnowPulpin mukaan, verkkojulkaisu. http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/pulping/general/1_woodhandling/frame.htm. Viitattu 12.4.2023.
- KnowPulp 2023b. Sellun keiton periaate KnowPulpin mukaan. Verkkojulkaisu. Sellun keiton periaate KnowPulpin mukaan, verkkojulkaisu. http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/pulping/general/2_cooking/frame.htm. Viitattu 12.4.2023.
- KnowPulp 2023c. Kaustisointi prosessi KnowPulpin mukaan. Verkkojulkaisu. Kaustisointi prosessi KnowPulpin mukaan, verkkojulkaisu. http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/pulping/general/10_causticizing/frame.htm. Viitattu 12.4.2023.
- KnowPulp 2023d. Kemikaalikierto KnowPulpin mukaan. Verkkojulkaisu. Kemikaalikierto KnowPulpin mukaan, verkkojulkaisu. http://intra.corp.storaenso.com/know/KnowPulp/suomi/kps/ui/process/recovery/by_products/ui.htm. Viitattu 12.4.2023.
- Mikkonen, Henry 2009. Värähtelymittaukset. Teoksessa Kuntoon perustuva kunnossapito, käsikirja. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Kerava: Savion Kirjapaino Oy, 250.
- Nyyssönen, Vesa 2023. Luotettavuusinsinööri. Stora Enso Oyj. Haastattelu 17.10.2023.
- SAP 2023. Mikä on SAP? Verkkojulkaisu. Mikä on SAP? <https://www.sap.com/finland/about/what-is-sap.html>. Viitattu 11.10.2023.
- Schaeffler Group 2023. Schaeffler OPTIME. Verkkojulkaisu. Tietoa OPTIME-järjestelmästä. https://www.schaeffler.fi/fi/products-and-solutions/industrial/product-portfolio/maintenance_products/optime/. Viitattu 3.11.2023.
- Stora Enso Oyj 2023a. Tietoja Stora Ensosta. Verkkojulkaisu. Tietoja Stora Ensosta verkkojulkaisu. <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso>. Viitattu 12.4.2023.
- Stora Enso Oyj 2023b. Tietoja Varkauden pakkauskartonkitehtaasta. Verkkojulkaisu. Tietoja Varkauden pakkauskartonkitehtaasta verkkojulkaisu. <https://www.storaenso.com/fi-fi/about-stora-enso/stora-enso-locations/varkaus-mill>. Viitattu 24.10.2023.
- Stora Enso Oyj. 2023c. https://storaenso.sharepoint.com/:p:/r/sites/steppi_Tuotanto/_layouts/15/Doc.aspx?sourcedoc=%7B61F4E69D-03E1-44B5-B1B9-104BA676E3B0%7D&file=Juurisyyanalyysien%20toimintamalli.pptx&action=edit&mobileredirect=true. Viitattu 10.11.2023.
- Savonia-ammattikorkeakoulu 2023. Tietoja Savonia-ammattikorkeakoulusta. Verkkojulkaisu. Tietoja Savonia-ammattikorkeakoulusta verkkojulkaisu. <https://www.savonia.fi/>. Viitattu 12.4.2023.

Tiusanen, Antti 2023. Projektipäällikkö. Oy SKF Ab. Haastattelu 10.10.2023

Viisi kunnossapidon tärkeää mittaria 2022. Kunnossapito ja ylläpidon tietojärjestelmät (verkko-kurssi). Energiatekniikan tutkinto-ohjelma. Moodle-oppimisympäristö. Savonia-ammattikorkeakoulu. https://moodle.savonia.fi/pluginfile.php/1885135/mod_resource/content/1/Pinja%205%20t%C3%A4rke%C3%A4%C3%A4%20kunnossapidon%20mittaria.pdf. Viitattu 25.10.2023.

Power-BI 2023. Ennakkohuollon toteuma. Verkkajulkaisu. Ennakkohuollon toteuma verkkajulkaisu. <https://app.powerbi.com/groups/me/apps/89a7d103-e0e2-4082-acb8-e9e8c0034071/reports/52098770-b2de-40ae-a157-05b896fbf846/ReportSection2?experience=power-bi>. Viitattu 18.12.2023.

PSK Standardisointiyhdistys ry. 2023. https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK6201_4p_k.pdf. Viitattu 25.10.2023.

PSK 6201. 2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

PSK 9101. 2022. Käyttövarmuuden hallinta. Kerättävän tapahtumahistorian vähimmäistietokentät. Helsinki: PSK Standardisointiyhdistys ry.

Pulkkinen, Petri 2023. Kehityspäällikkö, kunnossapito. Stora Enso Oyj. Haastattelut 1.8.-31.12.2023.

Puustinen, Aleksi 2024. Kunnossapitoinsinööri, kiinteistöt. Stora Enso Oyj. Haastattelut 14.1.2024.