

Jani Seppänen

Tietosisällön päivitys käynnissäpitojärjestelmään sekundäärikasauksen kuljetinlinjastolle



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät / 2020



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Seppänen Jani

Työn nimi: Tietosisällön päivitys käynnissäpitojärjestelmään sekundäärikasauksen kuljetinlinjastolle

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: kunnossapito, käynnissäpitojärjestelmä, kunnossapitovarmuus, kuljetin

Tämä opinnäytetyö toteutettiin Terrafame Oy:n kunnossapito-osaston toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli parantaa kunnossapitovarmuutta tietyillä kasanpurkuosaston linjaston osilla suorittamalla tarkastus ja päivitys käynnissäpitojärjestelmän tietosisältöön.

Työ toteutettiin käymällä läpi järjestelmän sen hetkiset tiedot, kartoittaen sieltä löytyvät puutteet ja virheet, jonka jälkeen tietosisältö voitiin päivittää vastaamaan sen hetkistä tilannetta. Tietosisällön osalta keskityttiin vain tiettyihin osiin sekundäärikasauksen linjastoa. Lisäksi keskityttiin pelkästään mekaanisiin osiin, jolloin työ säilyi laajuudeltaan järkevänä ja siitä saatiin laadukas lopputuloksiltaan.

Työssä käytiin järjestelmän tiedot läpi käyttöpaikkojen, laitteiden, varaosien, ennakkohuoltojen sekä laitteiden dokumentaation osalta. Tietosisältöä oli järjestelmässä jo ennestään, mutta se oli monilta osin puutteellista ja näin ollen sisällön läpikäyminen oli tarpeen. Oikeat varaosat ja dokumentit laitteiden alla helpottavat ja nopeuttavat huomattavasti osastolla päivittäin toimivien henkilöiden työtä. Työn suorittamisessa oli apuna järjestelmästä löytyvä tietosisältö muilla linjaston osilla, kunnossapidon henkilöstö sekä laitteistoa koskeva dokumentaatio, jonka pohjalta muun muassa tarpeellisten varaosien määrittäminen oli mahdollista.

Työn tavoite onnistuttiin saavuttamaan, ja nyt tietosisältö vastaa tämän hetkistä tilannetta laitoksella. Järjestelmästä löytyvät sinne kuuluvat käyttöpaikat ja näiden alta oikeat laitteet. Laitteille puolestaan on nyt määritelty oikeat varaosat ja niille löytyy tarpeellista dokumentaatiota, jota voidaan hyödyntää päivittäisessä toiminnassa sekä isompien huoltotöiden yhteydessä. Myös tarpeelliset ennakkohuollot löytyvät järjestelmästä ja ne on kohdistettu oikeisiin kohteisiin. Näiden toimien johdosta kunnossapitovarmuuden voi olettaa paranevan työssä käsitellyn laitteiston osalta.

Abstract

Author: Seppänen Jani

Title of the Publication: Updating the Information Content of Secondary Stacking Conveyor Line to the Operation and Maintenance System

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: maintenance, operation and maintenance system, maintenance reliability, conveyor

This thesis was commissioned by the maintenance department of Terrafame Oy. The goal of this thesis was to improve the maintenance reliability of certain parts of the heap reclaiming department's conveyor line by carrying out an inspection and updating the information content in the operation and maintenance system.

The work was carried out by reviewing the current information on the system, mapping the flaws and errors found there and then updating the information content to match the current situation. Concerning the information content, the focus was only on certain parts of the conveyor line of secondary stacking and only on mechanical parts of it, so that the thesis would remain reasonable in scope and the thesis would yield quality results.

The thesis covered system information regarding operating sites, equipment, spare parts, preventive maintenance and equipment documentation. There already was some information in the system, but it was in many respects incomplete and thus it was necessary to review the content. The correct spare parts and documents for the equipment will greatly simplify and speed up the work of those who work daily in the department. The making of this thesis was assisted by the information content already existing in the system for other parts of the conveyor line, the help of maintenance personnel and by the documentation of the equipment, which made it possible to determine, among other things, the necessary spare parts for certain equipment.

The goal of this thesis was successfully achieved and now the information content matches the current situation in the department. In the system you will now find the appropriate application sites and the right equipment under them. The right spare parts have now been defined for the equipment and there is also the necessary documentation that can be used in day-to-day operations and during major maintenance work. In addition, the necessary preventive maintenance is now also found in the system and it is targeted at the right places. As a result of these actions, maintenance reliability can be expected to improve for those parts of the conveyor line that were handled while making this thesis.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on toteutettu Terrafame Oy:n kunnossapidon toimeksiannosta. Haluan kiittää kunnossapitopäällikkö Pekka Lappalaista aiheen tarjoamisesta ja kunnossapidon henkilöstöä avusta työn tekemisessä. Kiitokset myös ohjaavalle opettajalla Sanna Leinoselle avusta ja neuvoista työn suhteen.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Terrafame Oy	3
2.1	Yleistä yrityksestä	3
2.2	Omistajat	3
2.3	Terrafamen tuotantoprosessi	4
2.3.1	Louhinta.....	5
2.3.2	Malminkäsittely.....	5
2.3.3	Bioliuotus.....	7
2.3.4	Metallien talteenotto	7
3	Kasan purun tuotantoprosessi.....	9
4	Kuljettimet	11
4.1	Kuljetinjärjestelmä	11
4.2	Kuljetintyyppejä	12
4.3	Kuljetinlinjaston mekaaniset osat	12
4.3.1	Suppilo.....	13
4.3.2	Hihna	14
4.3.3	Hihnan kiristin	14
4.3.4	Hihnanohjaimet.....	15
4.3.5	Hihnan puhdistimet.....	16
4.3.6	Kuljetinrunko	17
4.3.7	Rullastot	17
4.3.8	Rummut.....	18
4.3.9	Moottori ja vaihde.....	19
4.3.10	Hihnajarru.....	19
4.4	Kuljetinlinjaston kunnossapito	20
4.5	Kuljettimien turvallisuus.....	21
5	Kunnossapito	24
5.1	Kunnossapidon määritelmä.....	24
5.2	Kunnossapitolajit.....	25
5.3	Tuotanto-omaisuuden hoitaminen	27

5.3.1	Huolto.....	27
5.3.2	Ehkäisevä kunnossapito	28
5.3.3	Korjaava kunnossapito	28
5.3.4	Parantava kunnossapito.....	29
5.3.5	Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen	29
5.4	Kunnossapitovarmuus.....	30
5.5	Kunnossapito Terrafamella	31
6	Kunnossapitojärjestelmät.....	33
7	Työn suoritus	34
7.1	Työn kohteen kuvaus	34
7.2	Tutustuminen Terrafamen Maximo 7.6 järjestelmään	36
7.3	Toiminnallinen osuus	39
8	Yhteenveto	43
	Lähteet	44

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on Terrafame Oy:n mekaanisen kunnossapidon osasto. Työn tavoitteena on kehittää ja parantaa kasan purun osaston kuljetinlinjaston kunnossapitovarmuutta sekundäärikasauksen osalta. Työssä on tarkoituksena käydä läpi tiettyjen kuljetinlinjaston osien käyttöpaikka-, laite-, varaosa- ja ennakkohuoltotiedot ja päivittää ne ajan tasalle vastaamaan nykyistä tilannetta.

Järjestelmän tietojen paikkansapitävyys on yksi tärkeimmistä asioista, kun pyritään parantamaan kunnossapitovarmuutta. Oikeat laite- ja varaosatiedot helpottavat ja nopeuttavat valtavasti osastolla päivittäin toimivien henkilöiden työtä, kun tietoja ei tarvitse etsiä epämääräisistä paikoista, vaan ne löytyvät helposti järjestelmästä, sieltä mistä niiden kuuluukin löytyä.

Kunnossapidon merkitys Terrafamen kaltaiselle tuotantolaitokselle on erittäin suuri, koska hyvin monipuolinen laitekanta ja erittäin kuluttava prosessi vaativat laitteiston jatkuvaa huoltoa pysyäkseen toimintakuntoisena. Merkittävänä osana tätä on, että laitteiden vaatimat varaosat ovat saatavilla ja selkeästi löydettävissä, jolloin huollot ja korjaukset saadaan tehdyksi suunnitellusti ja ajallaan.

Kunnossapidon toimintaan vaikuttavat merkittävästi myös hyvin suunnitellut ja oikeisiin paikkoihin kohdistetut ennakkohuoltotyöt, joilla varmistetaan laitteiston toimintakuntoisuus ja vältetään mahdollisesti suunnittelemattomat pysäykset. Hyvin toteutetulla ennakoivalla kunnossapidolla voidaan parantaa merkittävästi tuotantolaitoksen käyttövarmuutta, joka taas vaikuttaa yrityksen kannattavuuteen. Huolellisesti tehdyillä tarkastuskierroksilla voidaan ehkäistä yllättäviä laiterikkoja, mikä vähentää merkittävästi korjaavan kunnossapidon tarvetta.

Käynnissäpitojärjestelmän toimivuus, käytettävyys ja sen sisällön paikkansapitävyys ovat nykyaikaiselle tuotantolaitokselle todella tärkeitä asioita tehokkaan toiminnan ylläpitämiseksi ja myös sen kehittämiseksi. On myös tärkeää, että laitoksessa työskentelevät henkilöt osaavat käyttää järjestelmää oikein sekä tietävät, miten heidän tarvitsemansa tiedot järjestelmästä löytyvät ja voivat myös luottaa siihen, että ne pitävät paikkansa.

Työssä kerrotaan ensimmäisenä lyhyesti perustietoja Terrafamesta ja sen nykyisistä omistajista. Seuraavaksi kuvaillaan pääpiirteittäin Terrafamen tuotantoprosessi ja hieman tarkemmin

kasanpurkuosaston prosessi, jonka laitteistoa työn käytännön osiossa käsitellään. Tämän jälkeen käydään läpi kuljettimien teoriaa ja tarkastellaan hihnakuljettimen osia sekä kuljettimien turvallisuusasioita. Seuraavana käsitellään kunnossapitoa ja siihen liittyviä erilaisia määritelmiä, käsitteitä ja termejä. Lopuksi käydään vielä läpi työn käytännön osuus ja miten siinä onnistuttiin.

2 Terrafame Oy

2.1 Yleistä yrityksestä

Terrafame Oy on suomalainen, Kainuun Sotkamossa toimiva monimetalliyhtiö, jonka päätuotteita ovat nikkeli, sinkki, koboltti ja kupari. Terrafame perustettiin vuonna 2015, jolloin se osti Talvi-vaara Sotkamo Oy:n konkurssipesältä sen liiketoiminnan ja omaisuuden ja alkoi jatkamaan kaivostoimintaa Kuusilammen avolouhoksella. Vuonna 2017 Terrafame Group, Terrafame, Trafigura-konserni ja siihen kuuluva sijoitusrahasto Galena sekä Sampo ilmoittivat sopineensa 250 miljoonan euron rahoitusjärjestelystä, jolla varmistettiin toiminnan ylösajon onnistuminen. Saman vuoden loppupuolella Terrafame, Galena, Trafigura ja Sampo sopivat myös investoinneista akkukemikaalitehtaan rahoittamiseksi. [1.][2.]

Terrafame pyrkii toiminnassaan ympäristön kannalta kestävään, turvalliseen ja kannattavaan liiketoimintaan. Tällä hetkellä Terrafame työllistää noin 700 henkilöä hyvin monipuolisissa tehtävissä. Lisäksi Terrafamen alueella toimii liki saman verran eri urakoitsijoiden työntekijöitä. Yhtiön toimitusjohtajana toimii Joni Lukkaroinen ja hallituksen puheenjohtajana Lauri Ratia. [1.] [2.]

2.2 Omistajat

Terrafame Group eli nykyään Suomen Malmijalostus Oy on Terrafamen pääomistaja 71,2 % osuudellaan. Suomen Malmijalostus Oy on täysin Suomen valtion omistama erityistehtäväyhtiö, jonka vastuulla on valtion kaivos- ja akkutoimialan omistukset ja kehittäminen. [2.]

Trafigura-konserni on vuonna 1993 perustettu, yksi kansainvälisesti suurimmista fyysisten hyödykkeiden kauppaan keskittyvistä yhtiöistä. Sen toimialaan kuuluvat muun muassa öljy, öljyjalosteet, metallit ja mineraalit. Sillä on myös omistuksia useissa isoissa logistiikan saralla toimivissa yrityksissä. [2.]

Galena Asset Management S.A. on Trafiguran kokonaan omistama sijoitusyhtiö, joka toimii Sveitsin rahoitusmarkkinoiden valvontaviranomaisen (FINMA) valvonnassa. Sen päätarkoituksena on

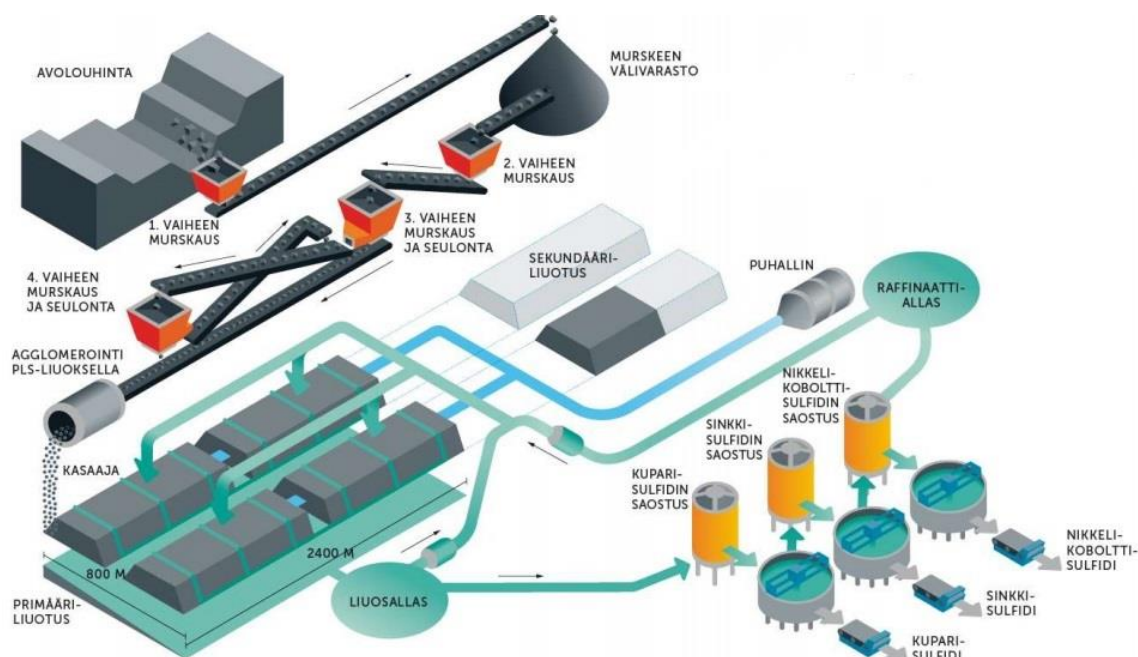
tarjota sijoitusmahdollisuuksia Trafigura-konsernin rinnalla metalli-, mineraali-, öljy-, merenkulku- ja infrastruktuuri liiketoiminnan aloilla. Galenan omistusosuus Terrafamesta on 28,7 %. [2.]

Sampo Oyj koordinoi Sampo Groupin sijoitustoimintaa, pääoman allokoointia, riskienhallintaa, konsernilaskentaa, sijoittajasuhteita, yritys vastuuta sekä laki- ja veroasioita. Se on omistajana Nordea ja Nordax pankeissa ja hallinnoi vakuutusliiketoimintaa harjoittavia tytäryhtiöitään Ifiä, Mandatum Lifeä ja Topdanmarkia. Sammon omistusosuus Terrafamesta on 0,1 %. [3.]

2.3 Terrafamen tuotantoprosessi

Terrafame Oy:n tuotantoprosessin tämän hetkisiä lopputuotteita ovat nikkeli, sinkki, kupari ja koboltti. Tavoitteena on myös aloittaa luonnonuraanin talteenotto, jota tulee sivutuotteena nykyisessä prosessissa. Rakenteilla on myös uusi akkukemikaalitehdas, jossa tämän hetkinen päätuote nikkeli-kobolttisulfidi, jatkojalostettaisiin nikkeli- ja kobolttisulfaateiksi, jotka sopisivat sähköajoneuvojen akkuihin.

Tuotantoprosessi alkaa Kuusilammen avolouhokselta, jossa malmion päällä olevat pintamaat ja sivukivikerros kuoritaan pois, jonka jälkeen päästään louhimaan itse malmia. Louhittu malmi lastataan kaivoskuorma-autojen kyytiin ja viedään esimurskaukseen. Esimurskauksesta malmi siirretään kuljettimilla sekundäärimurskaukseen, josta se etenee joko alitteena agglomerointiin tai ylitteenä suljettuun murskaus-seulontapiiriin, josta se vuorostaan ohjataan sekundääriseulojen alitteena agglomerointiin sen saavutettua halutun koon. Agglomeroinnissa malmiin suihkutetaan PLS-liuosta, eli mietoa rikkihappoliuosta, ja se siirretään agglomerointirumpujen kautta primäärikasaukseen. Primäärikentällä malmille tehdään bioliuotus, jolla malmi saadaan sidottua liuokseen, ja kun tämä kiertävä liuos saavuttaa riittävän metallipitoisuuden, se ohjataan metallien talteenottoon. Metallien talteenotossa metallit sidotaan vaiheittain saostamalla, jolloin ne saadaan otettua talteen. Terrafamen prosessin periaate on esitetty kuvassa 1. [4.]



Kuva 1. Terrafamen tuotantoprosessi [4.]

2.3.1 Louhinta

Malmi louhitaan Terrafamella Kuusilammen avolouhoksesta. Se tapahtuu siten, että ensin poistetaan pintamaat, jonka jälkeen kenttä porataan ja panostetaan. Tämän jälkeen kenttä räjäytetään ja irrotettu malmi kuljetetaan raskailla kaivoskuorma-autoilla murskattavaksi. Lastaus tapahtuu joko kaivinkoneella tai pyöräkoneella. Samalla kun kenttiä porataan, niillä tehdään myös mittauksia, joiden perusteella määritetään malmin mineraalipitoisuudet. Räjäytettävistä kentistä luodaan 3D-mallit, joiden perusteella malmia käsittelevä henkilöstö tietää, voidaanko malmi viedä murskaukseen. Mikäli malmi ei ole tarpeeksi rikasta, se käsitellään sivukivenä, jota käytetään esimerkiksi sekundäärikasauksen pohjalla. [4.]

2.3.2 Malminkäsittely

Malminkäsittely aloitetaan primäärimurskauksesta, joka toteutetaan karamurskaimella. Louhoksesta tulevat kiviautot kippaavat kuormansa murskan monttuun, jossa se murskataan haluttuun

kokoon. Mikäli primäärimurskalle tuleva malmi on liian suurta eikä mahdu karamurskaan, se murskataan pienemmäksi tämän yhteydessä olevalla kiinteällä hydraulisella iskuvasaralla, kansankielellä rammerilla.

Primäärimurskauksen jälkeen malmi kuljetetaan hihnakuljettimella välivarastoon. Välivaraston tarkoitus on varmistaa, että sekundäärimurskaukseen olisi aina tarjolla malmia, vaikka edeltävissä prosessin vaiheissa jostain syystä tulisi häiriöitä tai katkoksia. Välivarastosta malmi syötetään eteenpäin tärysyöttimillä, jotka purkavat malmin hihnakuljettimelle, joka vie sen prosessin seuraavaan vaiheeseen.

Välivarastolta tuleva malmi siirretään sekundäärimurskauksen siloihin, joista se valuu sekundäärimurskiin. Sekundäärimurskaus tehdään kolmella kartiomurskaimella, joiden jälkeen malmi siirtyy primääriseulontaan. Tässä vaiheessa malmi syötetään kaksitasoisten verkkojen päälle, joista alite siirtyy prosessissa eteenpäin agglomerointiin ja ylite kolmanteen murskausvaiheeseen. Kolmannessa murskausvaiheessa käytetään neljää kartiomurskainta, joiden läpi mennyt malmi siirretään kuljettimilla takaisin seulomoon kaksitasoisille sekundääriseuloille. Sekundääriseuloilta tuleva alite menee agglomerointiin ja ylite neljännen vaiheen murskaukseen. Neljännen vaiheen murskauksessa on käytössä kuusi kartiomurskainta, joiden läpi mennyt malmi kuljetetaan jälleen sekundääriseulaukseen. Tässä vaiheessa malmi kulkee suljetussa piirissä sekundääriseulojen ja neljännen vaiheen murskien välillä niin kauan, että se läpäisee sekundääriseulojen alemman verkon ja etenee agglomerointiin.

Seuloilta tuleva malmi siirtyy hihnakuljettimia pitkin agglomeroinnin siloon, josta se syötetään neljälle kuljettimelle. Agglomeroinnissa malmiin suihkutetaan PLS-liuosta ja syötetään se agglomerointirumpuihin, jolloin pienemmät malmihiukkaset kiinnittyvät isompiin rakeisiin. Täten malmista saadaan tasakokoisia rakeita, joka auttaa liuotusprosessissa.

Agglomeroinnin jälkeen malmi viedään hihnakuljettimella primäärikasaukseen, jossa siltakuljettimen päällä oleva purkausvaunu kasaa malmin haluttuun korkoon. Primäärivaiheessa malmia liuotetaan noin 18 kuukautta, jonka jälkeen se siirretään hihnakuljettimilla sekundäärikasaukseen, jonka laitteiston osia tämä opinnäytetyö koskee. Primäärikasojen purkaminen aloitetaan sen laitojen luiskaamisella, jotta jyrsimet pääsisivät kasan päälle jyrsimään kivettynyttä malmia. Jyrsitty malmi siirretään konekalustolla lähemmäs syöttimiä, joihin malmi lastataan pyöräkoneilla. Kasan purussa käytetään kahta telavaunun päällä olevaa hihnasyötintä, jotka kuljettavat tavar

nousevien kuljettimien kautta primäärikasanpurun siltakuljettimelle. Tästä malmi lähtee etene-
mään kuljetinlinjastoa pitkin kohti sekundäärikasausta, jossa se purkausvaunun kautta siirretään
sekundäärikasauksen sillalle, jossa purkausvaunu kasaa sen haluttuun korkoon. Sekundäärikasat
toimivat malmin loppusijoituspaikkana, josta sitä ei enää viedä eteenpäin prosessissa. [4.]

2.3.3 Bioliuotus

Bioliuotus alkaa jo agglomeroinnissa, kun malmiin suihkutetaan PLS-liuosta, eli mietoa rikkihap-
poliuosta. Kun agglomeroitu malmi on kasattu, sitä liuotetaan noin 18 kuukautta rikkihapon, il-
man ja bakteerien avulla. PLS-liuosta kierrätetään kasassa niin kauan, että liuoksesta saadaan mi-
tattua halutut metallipitoisuudet, jolloin liuos voidaan siirtää eteenpäin metallien talteenottoon.

Kasaan pumpataan alapäin ilmaa kasan sisällä olevien ilmastusputkien kautta suurilla puhalti-
milla, jolloin malmissa olevat metallit hapettuvat PLS-liuokseen. Liuosta puolestaan pumpataan
keruualtaista kasan päälle, josta se valuu kasan läpi alaspäin. Kasausalueet on kalvotettu, jotta
liuos ei pääsisi imeytymään maaperään.

Alimpana kasassa on mursketta, jonka päälle tulee bentoniittimatto ja sen päälle HDPE-kalvo, joi-
den tarkoitus on varmistaa, ettei liuos pääse maaperään asti. Kalvon päällä on salaojakangasta,
jonka tarkoitus on suojata kalvoa malmin aiheuttamilta repeämisiltä. Kankaan päällä ovat sala-
ojaputket, joita pitkin liuos virtaa pois kasan alta keruualtaisiin. Putkien päälle tulee murskekerros
liiallisen tiivistymisen välttämiseksi ja murskekerroksen päälle ilmastusputket, joiden kautta ka-
saan puhalletaan ilmaa. Malmi kasataan ilmastusputkien päälle ja kasteluputket vedetään kasan
päälle. Samaa liuotusmenetelmää käytetään sekä primääri- että sekundäärikasoilla. Sekundääri-
kasoissa malmista pyritään irrottamaan vielä siinä jäljellä olevat metallit. [4.]

2.3.4 Metallien talteenotto

Metallien talteenotossa bioliuotuksesta tulleen metallisulfaattiliuoksesta erotetaan arvometal-
lit, jotka muodostavat Terrafamen lopputuotteet. Erottaminen tapahtuu saostamalla liuosta rik-
kivedyllä, joka valmistetaan tehtaalla itse. Saostus tapahtuu useissa eri vaiheissa, jotta eri metallit

saadaan talteen erillään toisistaan. Saostuksessa tavoitteena on saada mahdollisimman kirkasta ylitettä ja sakeaa alitetta, johon käytetään apuna flokkulointiainetta.

Erottaminen aloitetaan saostamalla kuparia kuparisulfidiksi alhaisella pH-arvolla. Seuraavana saostetaan sinkki sinkkisulfidiksi rikkivedyn avulla, ja jos tarvitsee, pH-arvoa nostetaan lipeällä. Kolmantena saostetaan nikkeli nikkelisulfidiksi, joka vaatii korkeimman pH-arvon. Nikkelin saostuksessa syötettä joudutaan esineutraloimaan kalkkikivilietteellä vaaditun pH-arvon saavuttamiseksi. Viimeisenä syötteestä erotetaan rauta, joka tapahtuu pelkistämällä $Fe_3 \rightarrow Fe_2$. Saostuksessa muodostuva happo neutraloidaan Na^2S -liuoksella. Lopuksi saadut tuotteet suodatetaan, jolloin ne puhdistuvat ja kuivuvat, jonka jälkeen ne viedään tuotevarastoon odottamaan kuljetusta maailmalle. [4.]

3 Kasan purun tuotantoprosessi

Kasanpurkuosaston tehtävänä on purkaa noin puolitoista vuotta primääriliuotuksessa ollut malmi ja siirtää se kuljetinlinjastoa pitkin loppusijoituspaikkaansa sekundäärikasaukseen, jossa sen liuotusta jatketaan siihen vielä jääneiden metallien talteen saamiseksi. Tämän lisäksi osaston tehtäviin kuuluu purkamisen jälkeen liuotuskentän valmistelu uuden kasan pohjatöitä varten. Kenttä tasataan mahdollisimman tasaiseksi, jonka jälkeen kenttä voidaan luovuttaa bioliuotus-osastolle.

Kasan purkaminen aloitetaan loiventamalla purettavan kasan reunoja, mikä tapahtuu murskakauhalla. Murskakauhan avulla malmi saadaan prosessoitua irtonaisemmaksi ja lastattua dumpereiden kyytiin, jotka kuljettavat malmin lastattavaksi linjastolle. Luiskaus on tarpeellista, koska kasan reunat ovat niin jyrkät, ettei koneilla ole turvallista eikä mahdollista työskennellä kasalla, ennen kuin reunat on luiskattu loivempaan kulmaan, jolloin kulku kasan päälle on mahdollista.

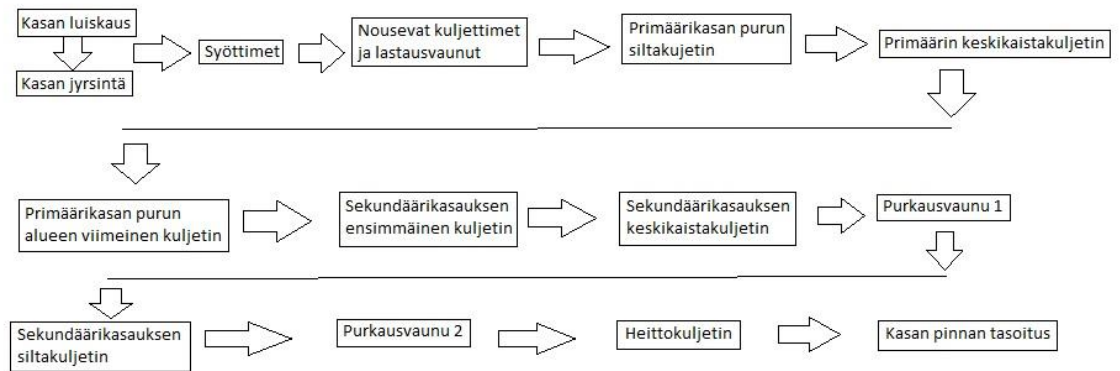
Kun kasan reunat on luiskattu, pintajyrsimet alkavat jyrsimään kentän pintaa. Jyrsimet toimivat GPS-avusteisella koneohjausjärjestelmällä, jolla varmistetaan oikea leikkaussyvyys ja samalla se, ettei pohjalla oleva kalvo rikkoonnu. Jokaisen jyrsintäkerran jälkeen kenttä puhdistetaan pyöräkoneilla, jolloin malmi työnnetään lastauskentälle syötettäväksi kuljetinlinjastoon.

Seuraavassa vaiheessa malmi syötetään kuljetinlinjastolle. Tämä tapahtuu pyöräkoneilla, joilla malmi lastataan telavaunun päällä oleviin hihnasyöttimiin, jotka syöttävät malmin nousevien kuljettimien ja lastausvaunujen kautta siltakuljettimelle. Siltakuljettimen kautta malmi siirtyy lastausvaunun läpi primäärikasanpurun keskikaistakuljettimelle. Keskikaistakuljetin siirtää malmin suppilon kautta seuraavalle kuljettimelle, josta malmi siirtyy taas suppilon kautta seuraavalle kuljettimelle, joka on sekundäärikasauksen ensimmäinen kuljetin.

Sekundäärikasauksen puolella malmi siirretään ensimmäiseltä kuljettimelta suppilon kautta sekundäärikasauksen keskikaistakuljettimelle. Näitä suppiloita ja kuljettimia on molempia kaksi, joista toiset ovat aina käytössä riippuen siitä, mille lohkoille sekundäärikasaukseen tehdään. Tämän opinnäytetyön toiminnallinen osuus koskee toista näistä suppilo-kuljetinyhdistelmistä.

Keskikaistakuljettimelta malmi siirretään purkausvaunun ja suppilon kautta sekundäärikasauksen siltakuljettimelle, josta se puolestaan lastataan toisen purkausvaunun ja suppilon kautta

heittokuljettimelle, joka purkaa malmin sekundäärikasaan. Kasa tasoitetaan vielä tämän jälkeen puskutraktorilla. Kasan purun prosessin eteneminen on esitetty kuvassa 2. [5.]



Kuva 2. Kasan purun prosessi.

4 Kuljettimet

Tässä työssä kuljettimilla oli keskeinen rooli, koska kasanpurkuosaston prosessi koostuu pääasiassa kuljettimista ja suppiloista sekä niihin kuuluvista komponenteista. Tästä syystä katsoin tarpeelliseksi avata kuljettimien teoriaa sekä yleisellä tasolla että tarkemmin muun muassa kuljettimien osien ja niiden kunnossapidon kannalta. Kuljettimen osat ja kunnossapitoasiat taas keskittyvät nimenomaan hihnakuljettimiin, jollaisia myös Terrafame käyttää.

4.1 Kuljetinjärjestelmä

Kuljetinjärjestelmän määritelmänä on, että se koostuu yhdestä tai useammasta kuljettimesta, jota syöttää yksi tai useampi syötin. Kuljetinjärjestelmän kapasiteetti määritellään aina syöttimellä. Kuljetinjärjestelmä käynnistetään aina ryhmäkäynnistykseenä, ja se alkaa järjestelmän loppupäästä, koska järjestelmän seuraavan osan on oltava käynnissä ennen sitä edeltävää osaa. Jos näin ei ole, tapahtuu tulviminen, koska linjasto ei syötä tavaraa eteenpäin, vaan se kertyy lastauskohtaan. Järjestelmän pysäytys puolestaan aloitetaan alkupäästä, johtuen tästä samasta syystä.

Kuljetinjärjestelmä voi pitää sisällään monia erilaisia laitteita ja myös monia erilaisia kuljettimia riippuen laitoksen prosessista. Materiaali voidaan syöttää järjestelmään useilla eri tavoilla, kuten pyöräkoneilla tai syöttösuppiloilla, ja erilaisia kuljettimia materiaalin siirtämiseen on hyvin monenlaisia. Myös kuljetinjärjestelmän viimeiset laitteet voivat olla todella erilaisia riippuen siitä, kasataanko materiaalia kasoiksi vai lastataanko sitä esimerkiksi säkkeihin tai junan kyytiin.

Kuljetinjärjestelmä pitää esimerkiksi Terrafamen kokoisessa tuotantolaitoksessa sisällään valtaavan määrän laitteita ja komponentteja, joilla kaikilla on oma merkityksensä prosessin kannalta. Järjestelmä pitää sisällään kaiken itse kuljettimen osista sen turvalaitteisiin, kuin myös ohjausjärjestelmiin, joilla kuljetinjärjestelmää käytetään. [6.]

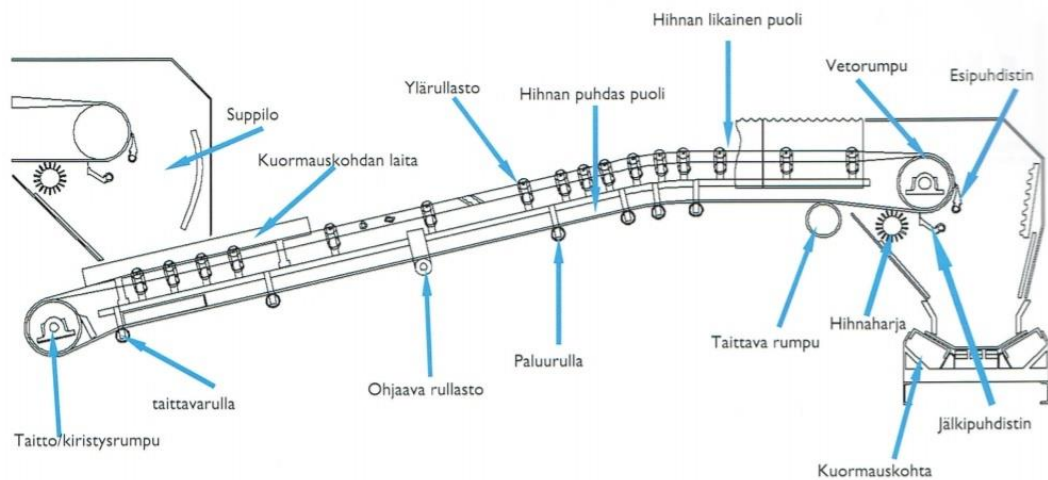
4.2 Kuljetintyyppejä

Materiaalin kuljettamiseen on olemassa paljon erilaisia kuljetintyyppejä, jotka kukin soveltuvat eri käyttötarkoituksiin paremmin kuin toiset. Erilaisia teollisuudessa käytettäviä kuljettimia nimenomaan massatavaran kuljettamiseen ovat esimerkiksi ketjukuljetin, redlerkuljetin, lamellikuljetin, ruuvikuljetin, putkihihnakuiljetin, lokerohihnakuljetin sekä elevaattori, joihin ei kuitenkaan tässä työssä perehdytä tarkemmin.

Työn kannalta olennainen kuljetintyyppi on hihnakuljetin, jollainen kuuluu myös työn toiminnallisessa osuudessa käsiteltävään laitteistoon. Hihnakuljettimessa umpinainen ja päätön hihna kulkee rullien tai tason päällä ja kiertää kuljettimen päissä olevia rumpuja. Hihnan materiaali on yleensä joko kumi tai muovi. Rullilla hihna voidaan ohjata kourumaiseen muotoon, jolloin materiaali ei pääse valumaan pois hihnalta. Hihnakuljetin on selkeästi yleisin ja monipuolisin kuljetintyyppi, koska se soveltuu miltei kaikenlaisen materiaalin kuljettamiseen. Rajoitteena sen käytölle ovat tietysti nestemäiset ja erittäin hienojakoiset pölymäiset materiaalit. [6.] [7.]

4.3 Kuljetinlinjaston mekaaniset osat

Terrafamen kuljetinlinjastolla on käytössä monenlaisia laitteita, kuten kasan purun prosessikuvaksesta käy ilmi, mutta seuraavassa käydään läpi linjaston osia niiltä osin, mitä työtä tehdessä käsiteltiin. Kuvaukset ovat kuitenkin yleisluonteisia, eivätkä perustu suoranaisesti Terrafamella käytössä olevaan laitteistoon. Kuvassa 3 on esitelty pääpiirteittäin hihnakuljettimen osat.



Kuva 3. Hihnakuojettimen osat. [6.]

4.3.1 Suppilo

Materiaali syötetään yleensä kuljettimelle jonkinlaisen suppilon kautta. Suppilon tehtävänä on ohjata kuljetettava materiaali haluttuun kohtaan hihnalle, jolloin vältytään siltä, että kuljetettava materiaali ohjaisi hihnaa sivuun. Tämä toteutetaan usein siten, että suppilossa on autogeenihyllyt, jotka ohjaavat materiaalin keskelle hihnaa tai suppilossa on säädettävät seinät, joilla päästään samaan lopputulokseen. Työssä käsitellyssä suppilossa käytettiin säädettäviä seinämiä. Suppilon seinämät vuorataan kulutuslevyillä, jotka ovat kohtuullisen helposti vaihdettavissa niiden kuluessa materiaalivirran vaikutuksesta. Kulutuslevyt voivat olla esimerkiksi muovia tai kumikeraamia. Suppilon yhteydessä on myös kuljettimen kuormauskohta, jossa tavarain valuminen pois hihnalta on estetty esimerkiksi reunakumien avulla. Kuormauskohdalla myös rullia on paljon tiheämässä, johtuen putoavan materiaalin siihen kohdistamista voimista.

4.3.2 Hihna

Materiaali kulkee kuljettimessa hihnan päällä. Hihna on yleensä valmistettu kumista, joka soveltuu hyvin monenlaisten materiaalien siirtämiseen ja kestää kohtuullisen hyvin kulutusta. Hihnoja on saatavilla useilla eri leveyksillä ja paksuuksilla, ja se voi olla valmistettu esimerkiksi siten, että hihnassa on vuorotellen kumikerros ja kangaskerros tai hihnan sisällä on vahvikkeena teräsvaijereita. Teräsvaijerihihnaa käytetään yleensä pitemmissä kuljettimissa ja silloin kun materiaali on erityisen raskasta, jolloin hihnan vetolujuuden täytyy olla hyvä. Työssä käsitellyssä kuljettimessa käytetään nimenomaan teräsvaijerihihnaa, koska kyseinen kuljetin on noin 1,4 kilometriä pitkä. Kuljetinhihna on näkyvissä kuvassa 4.



Kuva 4. Kuljetinhihna, taittava rumpu eli snubbirumpu, taittorumpu ja rumpukaavari.

4.3.3 Hihnan kiristin

Hihnaa täytyy kiristää, koska muuten se alkaisi luistamaan kuorman alla, jolloin syntyy ylimääräistä kuormitusta myös muualle käyttölaiteistoon. Myös hihnan käyttöikä pienenee merkittävästi, jos kuljetinta pyöritettäisiin jatkuvasti siten, että hihna pääsisi luistamaan. Hihnan kiristykseen voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, kuten kelkkakiristys, ruuvikiristys tai kiinteä kiristys. Kiristämiseen voidaan käyttää myös vinssiä, jolloin hihnan kireys voidaan säätää juuri haluttuun

arvoon sähkömoottorin avulla. Tämän tyyppinen kiristys on käytössä myös työssä käsitellyssä kuljettimessa. Hihnan kiristin kuvassa 5.



Kuva 5. Hihnan kiristyslaitteisto

4.3.4 Hihnanohjaimet

Hihnanohjaimen tehtävänä on pitää hihna mahdollisimman keskellä kuljetinta, koska tällöin voidaan välttää esimerkiksi kuljetinrullien epätasainen kuluminen. Lisäksi jos hihna pääsisi menemään reilusti sivuun keskilinjasta, se voisi ottaa kiinni kuljettimen rakenteisiin, josta saattaisi seurata iso hihnavaurio. Hihnaohjaimen rakenne on yleensä sellainen, että sen keskellä on akseli, joka päästää hihnaohjaimen kääntymään hihnan liikkeiden mukana, jolloin se ohjaa sivuun pyrkivää hihnaa takaisin keskilinjaan. Hihnanohjaimen rullien määrä voi vaihdella, riippuen ohjaimen tyypistä, mutta usein niissä käytetään kolmea tai neljää rullaa, joista reunimmaiseta on käännetty pystykulmaan ja neljän rullan tapauksessa keskirullat ovat kartiomaiset. Hihnaohjaimen kuvassa 6.



Kuva 6. Hihnanohjain

4.3.5 Hihnan puhdistimet

Hihnanpuhdistimien eli niin sanottujen kaavarien tehtävä on nimensä mukaisesti puhdistaa hihna siihen tarttuvasta kuljetettavasta materiaalista tai sinne kuulumattomista esineistä tai epäpuhtauksista. Hihnan puhdistamiseen on olemassa todella paljon erilaisia vaihtoehtoja, mutta hihnanpuhdistimet voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri tyyppiin:

- Hihnan likaisen puolen puhdistimet, jotka voivat olla vuolevia, hankaavia ja pyöriviä. Nämä sijoitetaan yleensä heittorummelle, jossa ne puhdistavat hihnan heti, kun kuljetettava materiaali on poistunut siltä. Tällöin materiaali ei pääse kulkeutumaan hihnan puhtaalle puolelle tai kuljettimen rakenteisiin.
- Hihnan puhtaan puolen puhdistimet, jotka ovat useimmiten auraavia tai vinopyyhkiviä. Nämä sijoitetaan yleensä ennen taittopään rumpuja tai heti heittopään taittorummun jälkeen. Näin pyritään estämään materiaalin kulkeutuminen rummuille. Aurakaavari kuvassa 7.
- Rummunpuhdistimet, joiden tehtävä on poistaa rummuille pääsevät epäpuhtaudet, jotta hihna kulku pysyisi vakaana ja keskitettynä, eikä hihnaan tulisi niiden takia vaurioita.

Rummunpuhdistin eli rumpukaavari on nähtävissä kuvassa 4., kuvan keskellä olevan isomman rummun päällä.



Kuva 7. Aurakaavari

4.3.6 Kuljetinrunko

Kuljettimen runko on valmistettu teräspalkeista, jotka kestävät hyvin rasitusta materiaalivirran alla. Rakenne on usein sellainen, että teräsrunko on pultattu kiinni betonijalkoihin, jotka upotetaan maahan, jolloin kuljettimen runko ei pääse liikkumaan tuotannon aikana. Rakenteiden kuntoa on hyvä seurata säännöllisesti, jotta mahdolliset murtumat havaitaan ja pystytään korjaamaan ennen isomman vaurion syntymistä.

4.3.7 Rullastot

Kuljettimessa on kuormapuolen rullasto, joka kannattelee hihnaa sillä puolen, jossa materiaali liikkuu ja paluupuolen rullasto, joka kannattelee hihnaa sillä puolen, jossa se kulkee takaisin kuljettimen alkupäähän. Kuormapuolella käytetään yleensä kolmiosaista rullastoa, jolloin hihnan muoto saadaan kourumaiseksi ja materiaali näin ollen kulkemaan keskellä hihnaa. Näissä rullissa on yleensä metallivaippa, joka kestää hyvin kuormaa ja kitkaa, joka materiaalin painosta syntyy.

Paluupuolen rullastot puolestaan ovat usein kaksiosaisia ja niissä on tietyin välein kumi- tai uretaanikiekkaja. Näiden rullien ei tarvitse olla niin kestäviä, koska niihin ei kohdistu muuta kuormaa kuin hihnan paino. Kumiset tai uretaaniset rullat ovat huomattavasti edullisempia kuin metalliset, joita kuormapuolella joudutaan käyttämään. Molemmat rullastot näkyvät kuvassa 8.



Kuva 8. Yläpuolella kuormarulla ja alapuolella paluupuolen rulla.

4.3.8 Rummut

Kuljettimessa on käytännössä kolmen tyyppisiä rumpuja, jotka näyttävät ulkoisesti hyvin samantaisilta, mutta niiden tehtävä on erilainen:

- Taitto/kiristysrumpu, joka sijaitsee kuljettimen alkupäässä ja jonka kautta hihna käännetään takaisin kuormapuolelle.
- Veturumpu/heittorumpu, josta tavara siirtyy eteenpäin linjastolla ja jonka päässä olevaan akseliin on yhdistetty kuljettimen vetolaitteisto, eli moottori ja vaihdelaatikko.
- Taittava rumpu tai toiselta nimeltään snubbirumpu, jolla hihnaa käännetään haluttuun suuntaan.

Taittorumpu ja taittava rumpu ovat nähtävissä kuvassa 4, jossa etualla taittava rumpu ja taempana taittorumpu. Veturumpu on keskellä kuvassa 9, hihnan alla.

4.3.9 Moottori ja vaihde

Teollisuuskäytössä käytetään useimmiten sähkömoottoreita. Niillä saadaan aikaan tasainen tehontuotto, jolloin myös kuljettimen käynti on tasaista. Sähkömoottorin teho siirretään vaihteistolle akselin välityksellä. Moottori on molemmilla puolin kuljetinta etualalla kuvassa 9 ja vasemmalla kuvassa 10.

Vaihdelaatikon tehtävänä on välittää sähkömoottorilta tuleva teho kuljettimelle. Vaihteisto yhdistetään kuljettimen vetorummun päässä olevaan akseliin, jolloin vetorumpu saadaan pyörimään. Moottoreita ja vaihteita on aina yhtä monta, ja niitä voi olla yhdellä kuljettimella useita pareja, mikäli tehontuottoa tarvitaan enemmän. Vaihdelaatikat, joista menee akseli vetorummulle, ovat kuvassa 9 molemmilla puolin kuljetinta ja oikealla kuvassa 10.



Kuva 9. Työssä käsitellyssä kuljettimessa oli kaksi käyttöä, eli kaksi moottoria ja vaihdelaatikkoa.

4.3.10 Hihnajarru

Hihnajarrun tehtävä on nimensä mukaisesti jarruttaa hihnaa. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi siten, että jarru sijoitetaan moottorin ja vaihteen väliin, jolloin se voidaan toteuttaa levyjarruna. Tällöin moottorilta tulevalla akselilla on jarrulevy, jota puristetaan paloilla. Hihnajarru kuvissa 9 ja 10 keltaisen kotelon sisällä.



Kuva 10. Moottori, hihnajarru ja vaihdelaitikko

4.4 Kuljetinlinjaston kunnossapito

Kuljetinlinjaston kunnossapidossa ennakko- ja huoltoilla on valtava merkitys. Hyvin suunnitelluilla ja ajoitetuilla huolloilla linjasto pidetään toimintakuntoisena ja voidaan säästyä isommilta vaurioilta. Säännöllinen kunnonvalvonta varmistaa sen, että linjastolla esiintyvät viat huomataan hyvissä ajoin ja niihin on mahdollista myös reagoida ajoissa. Työssä käsiteltyjen laitteiston osien ennakko- ja huollot tarkasteltiin läpi käytännön osiota tehdessä ja havaitut puutteet korjattiin.

Tärkeänä osana säännöllistä kunnonvalvontaa ovat tarkastuskierrokset, joissa tuotannon ja kunnossapidon henkilöstö käy linjaston läpi ennalta määritetyn reitin mukaan. Tämän tyyppinen ratkaisu on käytössä esimerkiksi Terrafamella. Hyvin usein nämä kierrokset toteutetaan päivittäin tai viikoittain ja tuotannon aikana, joten ne ovat lähinnä silmämääräisiä ja kuulonvaraisia tarkastuksia. Näillä kierroksilla voidaan kuitenkin tehdä tärkeitä havaintoja, joiden perusteella korjaavat toimenpiteet saadaan toteutettua suunnitellusti.

Tarkastuskierroksilla kuljetaan linjaston läpi tarkastaen rumpujen ja rullastojen kunto, hihnojen kunto, hihnanohjaimien ja -puhdistimien kunto, sekä mahdollisuuksien mukaan myös suppiloiden kunto. Lisäksi tarkastetaan vaihdelaitikoiden öljyngintojen tasot ja kuulostellaan, ettei

moottoreilta tai vaihteista kuulu mitään ylimääräisiä ääniä. Tärkeänä osana ovat tietenkin myös voiteluhuollot, joilla ehkäistään laitteiston kulumista ja kuumenemista.

Kierroksilla tehtyjen havaintojen perusteella päätetään tulisiko mahdollisiin vikoihin reagoida välittömästi vai toteutetaanko ne seuraavassa huoltoseisakissa. Toisin sanoen havaintojen perusteella määritellään, kuinka kriittinen vika on kyseessä ja vaatiiko se esimerkiksi koko linjaston pysäyttämisen vai riittääkö jonkin tietyn linjaston osan pysäytys. Lisäksi täytyy määritellä, vaatiiko vian korjaaminen mittavampaa esivalmistelua vai onko se korjattavissa hyvinkin nopealla aikataululla.

Mittavammat korjaukset ja huoltotoimenpiteet toteutetaan huoltoseisakeissa. Nämä ennalta sovitut tuotantokatkot voivat olla päivistä jopa viikkoihin pitkiä, riippuen siitä kuinka tiheään niitä on tarpeen pitää ja minkälaisesta linjastosta on kyse. Jos linjaston käyttö on erittäin kuluttavaa, joudutaan seisakkeja pitämään tiheämmin, mutta ne eivät yleensä ole kovin pitkiä kestoiltaan. Jos taas linjaston kulumisen on hyvin hidasta, voidaan seisakki pitää vaikkapa kerran tai kahdesti vuodessa, mutta se on kestoiltaan paljon pidempi, jotta kaikki keretään laittaa kuntoon kerralla.

Kuljetinlinjastolla usein huoltoseisakeissa tehtäviä töitä ovat esimerkiksi rumpujen tai muiden isojen osien vaihdot, koska ne ottavat yleensä paljon aikaa, sekä muun muassa suppiloiden kunnostukset, joita ei pystytä tekemään käynnin aikana tai lyhyessä pysäytyksessä. Tämä korostuu erityisesti sekundäärikasauksen prosessissa, jossa jonkin linjaston osan pysäyttäminen pysäyttää käytännössä koko prosessin. [6.]

4.5 Kuljettimien turvallisuus

Turvallisuusasiat ovat nyky-yhteiskunnassa ensiarvoisen tärkeitä, josta syystä katsoin tarpeelliseksi käsitellä niitä nimenomaan kuljettimien osalta tässä työssä. Kuljettimien turvallisuudesta on annettu tarkkoja määrittelyjä sekä turvallisuusasioiden toteutuksen että valvonnan suhteen, joista työturvallisuuslaissa ja valtioneuvoston tekemissä asetuksissa mainitaan näistä tärkeimpiä. Työturvallisuuslain pykälät sisältävät esimerkiksi työnantajan yleisiä velvollisuuksia, kuten jatkuvan tarkkailun ja työturvallisuuden parantamisen velvollisuuden. Lisäksi työnantajan kuuluisi myös aktiivisesti selvittää ja arvioida työhön liittyviä vaaroja ja pyrkiä pohtimaan niiden vaikutusta työntekijöihin. Työnantajan kuuluu myös varmistaa, että työntekijöiden yksintyöskentely on

mahdollisimman turvallista ja hänellä on yhteys esimieheen, sekä mahdollista tarpeen tullen hyllyttää apua. Näiden lisäksi työturvallisuuslaki pitää sisällään koneiden turvallisuuteen ja niiden turvalliseen käyttämiseen liittyviä määreitä, joihin kuuluu esimerkiksi, että koneiden tulee olla säädösten mukaisia, määrättyyn työhön sopivia, niiden käyttö ei saa aiheuttaa vaaraa, suojalaitteiden tulee olla kunnossa ja niitä käytetään, huolletaan ja puhdistetaan asianmukaisesti. [8.]

Valtioneuvoston päätös 823/1987 kuljettimista pitää sisällään useita turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia, joiden pitää täyttyä. Näitä ovat esimerkiksi puristumisvaaran aiheuttavien paikkojen suojaaminen, puhdistus- ja huoltotöiden sekä muiden vastaavien töiden huomioon ottaminen, putoamisvaaran estäminen, vaadittujen turvalaitteiden olemassaolo ja toimiminen, kuljettimen käyttämiseen ja huoltamiseen liittyvän dokumentaation olemassaolo sekä ohjeet, miten ruuhkat saadaan selvitettyksi turvallisesti. Omassa työssäni käsittelin lähinnä vain dokumentaatiota, joka turvallisuusmielessä on kunnossa käsittelemilläni laitteilla. [8.]

Valtioneuvoston asetus 403/2008 koneiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta eli niin kutsuttu koneasetus määrittelee monilta osin, kuinka erilaisia koneita ja laitteita tulee käyttää tuotantolaitoksissa. Koneasetus pitää sisällään esimerkiksi määreitä työvälineiden valintaan ja sijoittamiseen, käyttöohjeisiin, vaarojen arviointiin, toimintakunnon varmistamiseen, suojauksiin, turvalaitteisiin sekä turvallisuusohjeisiin ja merkintöihin, hallintalaitteiden asianmukaisuuteen, laitteiden käynnistämiseen ja pysäyttämiseen hallitusti ja turvallisesti, sähköturvallisuuteen, säätöjärjestelmien huomioimiseen, työskentelyn yleiseen turvallisuuteen ja mahdollisiin erityisvaatimuksiin liittyen. [9]

Edellä mainitut määräykset ovat vasta suuntaviivoja sille, miten kuljettimien turvallisuusasioihin tulee kiinnittää huomiota ja ne ovatkin enemmän yleisiä ohjeita, jotka koskevat kaikenlaisia koneita ja laitteita. Kuljettimella selkeimpiä vaaratekijöitä ja huomioon otettavia asioita ovat turvallisuusmielessä erityisesti kidat/nielut, joita on kohdissa, joissa hihna muuttaa suuntaa, kuten rummut ja jotkin rullat. Nämä aiheuttavat suuren puristumisvaaran ja pahimmassa tapauksessa jopa kuoleman, jos henkilö joutuu vaikkapa rummun ja hihnan väliin.

Kuljettimilla on myös muita vaaranpaikkoja, kuten kaikilla liikkuvilla laitteilla. Käyttökoneistossa olevat liikkuvat osat ja kiristyslaitteiston liikkuvat osat ovat yksi mahdollinen vaaranpaikka, ja lisäksi vaaraa voivat aiheuttaa myös putoava tai vierivä materiaali, sähkötapaturmat, putoamiset ja liukastumiset, melu ja pöly sekä mahdolliset palo- tai räjähdysvaarat.

Kaikki edellä mainittu tulisi voida ottaa huomioon jo kuljetinta suunnitellessa ja viimeistään silloin, kun kuljetinta otetaan käyttöön. Mahdolliset vaaranpaikat tulisi suojata siten, että kukaan ei voi esimerkiksi vahingossa kaatua hihnalle käytön aikana. Nielut ja käyttölaitteet tulee suojata asianmukaisesti niin, ettei vaikkapa kättä saa työnnettyä väärään väliin. Portaissa ja kulkutasoilla tulee olla kaiteet ja liukuesteet liukastumisten ja putoamisten ehkäisemiseksi.

Kuljettimilla on tiettyjä pakollisia sähköisiä turvalaitteita, jotka niistä täytyy löytyä. Näitä ovat turvakytin, vaijerihätäseiskeytinkin sekä käynnistysvaroitin. Turvakytin on mekaaninen käsin käännettävä sähkökytinkin, joka voidaan lukita turvalukolla 0-asentoon, jolloin kuljetinta ei voida käynnistää ennen kuin lukko on poistettu. Hätäseisvaijeri on koko kuljettimen matkalla kulkeva vaijeri, jota mihin tahansa suuntaan vetämällä kuljetin pysähtyy. Käynnistysvaroitin on sähköinen merkinantolaitte, joka antaa äänimerkin ja/tai valomerkin silloin, kun kuljetinta ruvetaan käynnistämään. Kaikki nämä löytyvät Terrafamen laitteistosta ja ne myös toimivat ja niiden toimintaa testataan säännöllisesti, joten näiltä osin kaikki oli oman työni kannalta kunnossa eikä vaatinut tarkempaa tarkastelua.

Ensisijaisen tärkeää vaaratilanteiden ja loukkaantumisten ehkäisemiseksi on oikeanlaisen ja toimivan laitteiston lisäksi myös henkilöstön koulutus ja tietämys vaaratekijöistä. Kaikkien kuljettimien parissa työskentelevien tulisi tietää vaaratekijät ja ottaa ne huomioon päivittäisessä työssään. Riittävä perehdytys on tässä kohtaa varsinkin uusien työntekijöiden kohdalla todella tärkeää.

Kuljettimien parissa työskenneltäessä kannattaa kiinnittää erityistä huomiota siihen, ettei koskaan yritetä poistaa tai puhdistaa mitään liikkuvalta hihnalta, rummulta tai muultakaan liikkuvalta osalta kuljetinta. Hihnalle tai suppiloon ei tulisi myöskään koskaan mennä, ennen kuin vahinkokäynnistyminen on estetty turvalukituksella. Lisäksi tulee ottaa huomioon mahdollisesti hihnassa olevan jännityksen purkautuminen, nousevilla kuljettimilla vierivä materiaali, sähköjen erotus, jos se on tarpeen, radioaktiivisten säteilylähteiden sulkeminen, mikäli sellaisia on käytössä ja se ettei kuljetinta saa koskaan käyttää hissinä. Lisäksi tulee ottaa huomioon myös asianmukainen suojautuminen melulta, pölyltä, putoamiselta sekä henkilön että materiaalin osalta ja takertumiselta.

[8.]

5 Kunnossapito

Työn pääasiallinen tarkoitus oli parantaa kohteen kunnossapitovarmuutta, joten tästä syystä on paikallaan käsitellä kunnossapidon teoriaa ja avata lukijalle, mitä kunnossapito oikeastaan tarkoittaa ja mitä se pitää sisällään.

5.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapito käsitetään usein rikkoutuvien laitteiden korjaamisena, mutta sen pääasiallinen tehtävä on ennemminkin ehkäistä vikojen ja häiriötilanteiden syntymistä. Toisin sanoen kunnossapidon tehtävänä on pitää erilaiset laitteet ja komponentit toimintakuntoisina, siten että ne toimivat mahdollisimman luotettavasti ja käytön aikana mahdollisesti ilmenevät viat korjataan mahdollisimman pian ottaen samalla huomioon ympäristöön ja turvallisuuteen liittyvät asiat.

Kunnossapitoa on määritelty myös erilaisten standardien mukaan, joista SFS-EN 13306-standardi määrittelee kunnossapidon seuraavalla tavalla:

”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen elinajan aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.” [10.]

Kunnossapidolle on antanut myös maanläheisemmän määritelmän eräs kunnossapidon suurista kehittäjistä, John Moubray:

”Tavoitteena tuotantovälineiden toiminnan varmistamiseksi niiden koko elinkaaren aikana ovat:

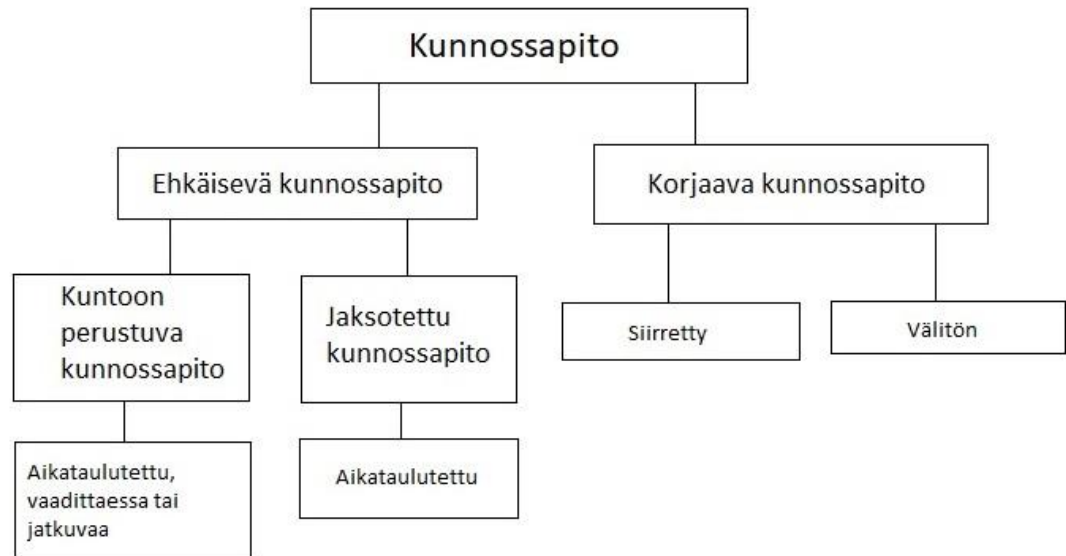
- varmistaa omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan tyytyväisyys
- valita ja käyttää kaikkein sopivimpia kunnossapidon määritelmiä, joilla hallitaan tuotantovälineiden vikaantumista ja vikaantumisen seuraamuksia
- saada kaikkien kunnossapitoon vaikuttavien ihmisten aktiivinen tuki kunnossapidon toimille” [10.]

Pohjimmiltaan kunnossapito on tuotanto-omaisuuden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä, säilyttämistä ja kehittämistä eli näin ollen tuotanto-omaisuuden hallintaa. Jokainen yritys hankkii koneensa ja laitteensa tekemään jotakin haluttua tehtävää, ja tämän pohjalta voidaan määritellä, että seuraavat asiat kuuluvat olennaisesti kunnossapitoon: laitteen toimintakunnon ylläpitäminen, laitteen käytön turvallisuus, laitteen laaduntuottokyky, laitteen elinjakson hallinta eli toisin sanoen jäljellä olevan elinjakson määrittäminen, oikeiden käyttöolosuhteiden noudattaminen, palauttaminen alkuperäiseen kuntoon, koneen modernisointi, suunnitteluheikkouksien korjaaminen, käyttö ja kunnossapitotaitojen kehittäminen sekä laitteen toiminnasta kerätyn tiedon analysointi ja johtopäätösten tekeminen [11.]

5.2 Kunnossapitolajit

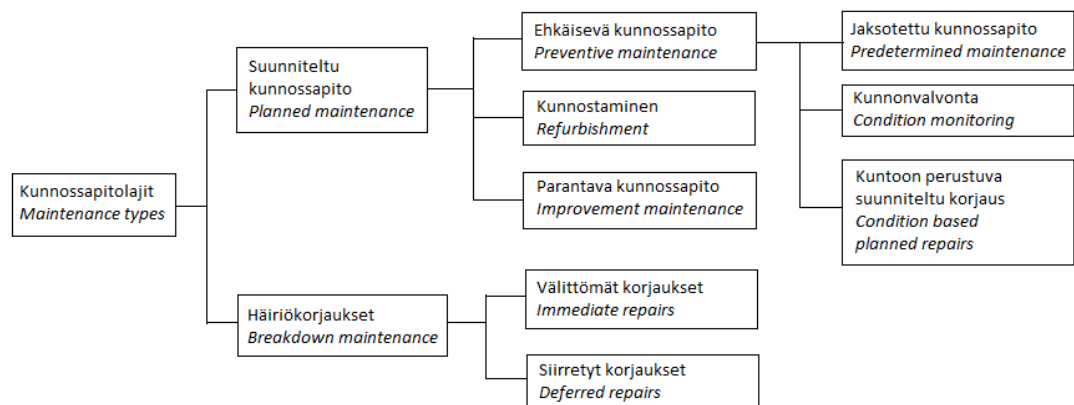
Kunnossapitolajeille on olemassa erilaisia määritelmiä standardeissa, joissa kunnossapito jaotellaan eri tyyppeihin. Jaottelulla pyritään siihen, että esimerkiksi kunnossapidon tehokkuutta voidaan vertailla vaikkapa työläjien kustannusten tai tehtyjen työtuntien mukaan.

”Standardi SFS-EN 13306:2010 jakaa kunnossapitotoimenpiteet vian havaitsemisen mukaan. Vika määriteltiin aikaisemmin tilaksi, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa. Näin ollen ehkäisevään kunnossapitoon sisältyvät kaikki ne toimenpiteet, joita suoritetaan ennen kuin vika pysäyttää komponentin toiminnan.” Standardin mukainen kaavio on esitetty kuvassa 11.



Kuva 11. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010 standardin mukaan.

Standardi PSK 7501:2010 puolestaan jakaa kunnossapitolajit sen mukaan, ovatko ne suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriön. Tämän standardin mukainen kaavio on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Kunnossapitolajit PSK 7501:2010 standardin mukaan.

Näiden kahden standardin lisäksi kunnossapitolajit voidaan jakaa myös RCM menetelmän eli luotettavuuskeskeisen kunnossapidon mukaan. Tässä kunnossapitotoimet jaetaan ennakoiviin ja reagoiviin. Reagoivia toimia kutsutaan nimellä default actions, eli ne ovat ennalta sovittuja ohjeita, joita on tarkoitus noudattaa vian sattuessa. Ennakoivat toimet puolestaan on jaettu kolmeen eri tyyppiin, joita ovat vikaantumisen havaitseminen, vikaantumisen estäminen jaksotetulla kunnostamisella ja vikaantumisen estäminen jaksotetulla uusimisella. Ensimmäinen tarkoittaa siis

sitä, että vika havaitaan ennen rikkoontumista eli kohde on toimintakuntoinen silloin, kun sitä tarkastetaan. RCM-termi tälle on scheduled on-condition task. Toisella taas pyritään pienentämään vikaantumismahdollisuutta jaksoitetulla kunnostamisella, eli pitämään kohteen toimintakykyä yllä. RCM-termi tälle on scheduled restoration task. Viimeisellä puolestaan pyritään pienentämään vikaantumismahdollisuutta jaksoitetulla uusimisella, eli pitämään kohteen toimintakykyä yllä uusimalla tiettyjä osia siitä säännöllisesti. RCM-termi tälle on scheduled discard. [11.]

5.3 Tuotanto-omaisuuden hoitaminen

Tuotanto-omaisuuden hoitamista ei voida määrittää vain termin kunnossapito alle, vaan sitä täytyy jaotella. Tämä jaottelu voidaan jakaa viiteen päälajiin, joita ovat huolto, ehkäisevä kunnossapito, korjaava kunnossapito, parantava kunnossapito ja viimeisenä vikojen ja vikaantumisten selvittäminen. [11.]

5.3.1 Huolto

PSK 6201:2011 standardi määrittelee huollon seuraavasti:

”Jaksotetun kunnossapidon toimenpide, joka sisältää kohteen tarkastamisen, säädön, puhdistamisen, rasvauksen, öljyvaihdon, suodattimen vaihdon ja muut vastaavat toimenpiteet.” [11.]

Huoltamisen tarkoituksena on pitää yllä koneen tai laitteen käyttöominaisuuksia. Tämä voi tarkoittaa myös sitä, että palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen kuin vikaantuminen alkaa tai estetään mahdollisten vaurioiden syntyminen. Jaksotetut huoltotoimet tehdään määrätyn välein, jotka määritellään koneen tai laitteen käyttöajan, -määrän ja käytön rasittavuuden mukaan. Jaksotettu huoltaminen pitää sisällään toimintaedellytysten vaalimisen eli käytön suorittaman kunnossapidon, puhdistukset, voitelut, huollot, kalibroinnit, kuluvien osien vaihdon, sekä toimintakyvyn palauttamisen. Työssä käsittelemäni ennakko- ja huollot ja niiden sisältämät reitit sopivat parhaiten huolto-termin alle, jonka lisäksi myös muut tarkastamani tiedot helpottavat huoltojen kohdistamista oikeaan paikkaan. [11.]

5.3.2 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevälle kunnossapidolle löytyy määritelmät sekä SFS-standardista että PSK-standardista, joista ensimmäinen on seuraavanlainen:

”Määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täyttyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä.” [11.]

PSK-standardin mukainen määritelmä puolestaan on seuraavanlainen:

”Ehkäisevällä kunnossapidolla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia, palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen.” [11.]

Ehkäisevässä kunnossapidossa pyritään seuramaan koneen tai laitteen suorituskkyä sekä parametrejä. Päällimmäisenä tarkoituksena ehkäisevässä kunnossapidossa on vähentää vikaantumisen todennäköisyyttä sekä ehkäistä koneen tai laitteen toimintakyvyn heikkenemistä. Ehkäisevää kunnossapitoa tehdään säännöllisesti, ja siitä saatujen tulosten perusteella pystytään aikataulutamaan ja suunnittelemaan muita kunnossapidon tehtäviä. Ehkäisevän kunnossapidon tehtäviin kuuluvat esimerkiksi tarkastukset, kuntoon perustuva kunnossapito, joka pitää sisällään kunnonvalvonnan, sekä kuntoon perustuvat suunnitellut korjaukset, määräystenmukaisuuden toteaminen, testaukset ja toimintakunnon toteamisen, käynninvalvonnan sekä vikaantumistietojen analysoinnin. [11.]

5.3.3 Korjaava kunnossapito

SFS-EN 13306:2010 standardi määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavasti:

”Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon.” [11.]

PSK 6201:2011 standardi puolestaan antaa seuraavan määritelmän:

”Korjaavaa kunnossapitoa on häiriökorjaus, kunnostaminen ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus.” [11.]

Korjaavassa kunnossapidossa kone tai laite palautetaan käyttökuntoiseksi eli korjataan, jos todetaan siinä olevan vikaantumista. Korjaavaan kunnossapitoon käytettyä aikaa voidaan käyttää määriteltäessä vaikkapa jonkin tietyn laitteen osan elinikää. Korjaavaa kunnossapitoa voi olla joko suunnittelematonta eli häiriökorjauksia tai suunniteltua eli kunnostamista. Korjaavan kunnossapidon tehtäviä ovat vian määrittäminen, vian tunnistaminen, vian paikallistaminen, korjaus sekä toimintakunnon palauttaminen.

5.3.4 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito määritellään PSK 6201:2011 standardissa näin:

”Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoa.” [11.]

Parantava kunnossapito voidaan jaotella kolmeen eri ryhmään, joista ensimmäisessä konetta tai laitetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja, kuitenkin muuttamatta koneen tai laitteen suorituskykyä. Toinen ryhmä pitää sisällään erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset, joiden avulla pyritään parantamaan koneen tai laitteen epäluotettavuutta. Näiden tarkoituksena ei ole muuttaa suorituskykyä, vaan nimenomaan saada kone tai laite toimimaan luotettavammin. Kolmas ryhmä pitää sisällään modernisaatioita, joilla pyritään muuttamaan koneen tai laitteen suorituskykyä. Usein modernisatiossa uudistetaan koneen tai laitteen ohella myös valmistusprosessia. Esimerkkinä jonkin erittäin kalliin koneen uudistaminen uuden hankkimisen sijaan. [11.]

5.3.5 Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisen selvittämisen käsitettä ei ole määritelty standardeissa, lähinnä siksi että sitä ei vielä haluta käsittää kunnossapitoon kuuluvaksi asiaksi. Näiden tietojen selvittäminen olisi koneiden ja laitteiden kannalta erittäin tärkeää, mutta harvan yrityksen resurssit riittävät siihen, että tietoja selvitetäisiin kovin tarkasti. Nykyaikaiset tuotantokoneet ja -laitteet tarjoaisivat tähän kyllä mahdollisuuden, koska ne keräävät monenlaista dataa käytön aikana. Tätä dataa

tutkimalla voitaisiin hyvinkin helposti päästä jyvälle, mistä vika on lähtenyt liikkeelle. Nykyään pidetäänkin lähes varmana, että tulevaisuudessa vikojen ja vikaantumistietojen selvittämisen merkitys tulee kasvamaan tärkeäksi osaksi kunnossapitoa.

Lähtökohtana on, että vikojen ja vikaantumisten selvittämisellä saataisiin selville vian perussyy sekä vian muoto eli se, millä tavalla koneen tai laitteen toimimattomuus ilmenee. Selvityksistä saatujen tietojen perusteella voitaisiin tulevaisuudessa ehkäistä vastaavanlaisen vian syntyminen parantaen näin koneen tai laitteen toimintavarmuutta. Yleisimpiä vikojen ja vikaantumisten selvittämiseen käytettyjä menetelmiä ovat vika-analyysi, vikaantumisen selvittäminen esimerkiksi simuloinnilla, mallintaminen, juurisyyn selvittäminen, materiaalin ja suunnittelun analyysit sekä vikaantumispotentiaalin kartoitukset ja riskienhallinta. [11.]

5.4 Kunnossapitovarmuus

Tärkeimmäksi tavoitteeksi työlle määriteltiin kunnossapitovarmuuden parantaminen niillä laitteiston osilla, joita työssä käsitellään. Tähän pyrittiin työssä siten, että järjestelmän tiedot olisivat paikkansa pitäviä ja näin ollen palvelisivat käyttökäyttäjää tehokkaammin. Kunnossapitovarmuudella tarkoitetaan kunnossapito-organisaation kykyä suorittaa vaadittu toiminta mahdollisimman tehokkaasti määritetyissä olosuhteissa ja vaaditussa ajassa. Kunnossapitovarmuuden mittarina käytetään logistista viivettä.

Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jaotella hallintoon, rutiineihin ja systeemeihin, dokumentaatioon, korjausvarusteisiin, varaosiin ja materiaaleihin sekä kunnossapitäjiin. Hallintoon katsotaan kuuluvaksi organisaatio avainhenkilöineen sekä ohjausjärjestelmät ja toiminnan ohjausjärjestelmät. Rutiineihin ja systeemeihin kuuluvat puolestaan toimintaohjeet, yhteistyö ja kommunikointi käyttö- ja kunnossapitohenkilöstön välillä sekä yhteistyö toimittajien kanssa.

Dokumentaatioihin kuuluvat ohjeistukset, niiden ylläpitäminen ja sisällön laadun tarkkaileminen sekä vikahistorian ylläpitäminen. Oikein toteutettua dokumentaatiota voidaan käyttää apuna kunnossapidon kehittämisessä. Korjausvarusteilla tarkoitetaan työkalujen ja muiden työhön tarvittavien apuvälineiden saatavuuden varmistamista.

Varaosien ja materiaalien saatavuuden, hankinnan ja varastoinnin merkitys kunnossapitovarmuuteen on hyvin merkittävä. Oikeat varaosat tulee löytää mahdollisimman helposti ja nopeasti turhien viiveiden välttämiseksi. Viimeisenä tekijänä kunnossapitovarmuuteen ovat itse kunnossapitajat, joiden ammattitaidon ja motivaation ylläpitäminen ja kehittäminen on ensiarvoisen tärkeää toimivan kunnossapidon kannalta.

Tässä työssä kunnossapitovarmuuteen päästiin vaikuttamaan rutiinien, dokumentaation sekä varaosien ja materiaalien osalta. Rutiineihin vaikutettiin ennakkohuoltojen tarkistuksella, koska pohjimmiltaan ne ovat toimintaohjeita, miten laitteisto tulee ennakkohuoltokierroksilla käydä läpi. Dokumentaatio puolestaan tarkastettiin kaikilta työssä käsitellyiltä laitteilta, jotta se palvelisi henkilöstöä parhaalla mahdollisella tavalla. Varaosatietojen läpikäynnillä puolestaan varmistetaan, että vaaditut toimenpiteet saadaan suoritettua mahdollisimman tehokkaasti ilman ylimääräistä sekaannusta osien suhteen. [10.]

5.5 Kunnossapito Terrafamella

Terrafamella kunnossapidon ensisijainen tehtävä on yhdessä tuotannon kanssa varmistaa, että yhtiön toiminnalle asetetut tavoitteet saavutetaan turvallisesti, tehokkaasti ja taloudellisesti. Kunnossapito-osaston tehtäviin kuuluu vastata siitä, että käytössä oleva laitteisto on lakien ja säädösten mukainen, varmistaa että tuotantolaitteisto saavuttaa sille asetetut tavoitteet sekä tuotannollisesti että laadullisesti, suunnitella ja toteuttaa huoltoseisakit, kehittää käytettävää tuotantolaitteistoa sekä laatia vuosittain investointisuunnitelma, jolla pyritään kehittämään laitteiston käyttövarmuutta ja turvallisuutta.

Kunnossapito-osastolla on oma kunnossapitojohtaja, jonka alaisuudessa työskentelee kuusi kunnossapitopäällikköä, joista jokaisen alaisuudessa puolestaan työskentelee työsuunnittelijoita sekä työnjohtajia. Mekaanisen kunnossapidon alueet on jaettu malminkäsittelyn, metallien taltteenoton, sekä bioliuotuksen ja vesienhallinnan kunnossapitoon. Omina alueinaan ovat liikkuvan kaluston kunnossapito, sähkö- ja automaatiokunnossapito sekä kunnossapidon järjestelmien kehittäminen ja projektiosasto.

Kunkin alueen kunnossapidosta vastaavat henkilöt toimivat pääasiassa arkipäivisin, joko perinteisessä kahdeksan tunnin työaikamuodossa tai kymmenen tunnin vuorossa, jossa siis vuoro on

töissä kymmenen tuntia päivässä neljän päivän ajan. Näitä vuoroja on kaksi, jotka siis vuorottelevat neljän päivän välein. Tämän lisäksi Terrafamen alueella toimii vuorokunnossapito, joka on paikalla ympäri vuorokauden, vuoden kaikkina päivinä.

Päiväkunnossapidon tehtävinä on toteuttaa tarkastukset, ennakkohuollot ja seisakit omalla vastualueellaan. Näiden lisäksi sen tehtäviin kuuluu laitteiston kehittämistyöt sekä suuremmat viakorjaukset. Vuorokunnossapidon ensisijaisena tehtävänä ovat häiriökorjaukset resurssien sallimissa rajoissa. Tekemäni tietosisällön päivitys helpottaa niin päiväkunnossapidon kuin myös vuorokunnossapidon työskentelyä, kun esimerkiksi työt ja niihin tarvittavat varaosat saadaan kohdistettua oikein. [12.]

6 Kunnossapitojärjestelmät

Erilaisia kunnossapito- tai käynnissäpitojärjestelmiä on nykyään käytössä hyvin monenlaisia, mutta niiden kaikkien tarkoitus on pohjimmiltaan sama. Niiden tulisi palvella kunnossapito-organisaatiota siten, että saavutetaan haluttu toiminnallisuus. Tämä kuitenkin edellyttää, että järjestelmän käyttäjät tietävät, kuinka järjestelmää kuuluisi käyttää ja puuttuvat mahdollisiin ongelma-kohteisiin, jolloin järjestelmää saadaan myös kehitettyä, kun se havaitaan tarpeelliseksi.

Järjestelmiä voidaan jakaa esimerkiksi integroituihin järjestelmiin, joissa kunnossapitojärjestelmä on osa muita tietojärjestelmiä, tai erillisjärjestelmiin, joissa eri osa-alueilla on olemassa omat sovelluksensa. Lisäksi järjestelmiä voidaan esimerkiksi räätälöidä asiakkaan toiveen mukaiseksi.

Järjestelmät voivat pitää sisällään käyttöpaikkojen ja laitteiden tiedot, materiaalien hallintaan liittyvät tiedot, kuten varaosat ja raaka-aineet, vika- ja häiriöilmoitusjärjestelmän, jonka kautta käyttökäyttöhenkilöstö voi ilmoittaa kunnossapidolle ilmenevistä ongelmista, sekä työmääräinjärjestelmän, jolla voidaan määrittää esimerkiksi, mitä, missä ja miten tehdään. Järjestelmissä on mukana myös ennakkohuoltojärjestelmä, johon voidaan esimerkiksi luoda säännöllinen tarkistus- ja huoltorytmi jollekin laitteelle, ostotilausjärjestelmä, laskutusjärjestelmä, työkalut dokumenttien hallintaan, yhteystietorekisteri, josta löytyvät esimerkiksi laitetoimittajien tiedot ja muut vastaavat, työkaluja riskienhallintaan, työkalut työtuntien kirjaamista varten, työkalut projektien ja seisokkien hallintaan sekä työkaluja kalibrointiin. [10.]

7 Työn suoritus

Työn varsinainen tarkoitus oli parantaa kunnossapitovarmuutta tietyillä osilla sekundäärikasauslaitteistoa, mutta olennainen osa työn suorittamista oli myös perehtyminen Terrafamella käytössä olevaan käynnissäpitojärjestelmään. Työn suoritus tapahtui pääasiassa järjestelmän sisällön parissa, joten järjestelmässä käytettyjen termien ymmärtäminen ja sisäistäminen oli olennaista työn laadun kannalta. Työn suorittaminen alkoi täten sillä, että perehdyin tarkemmin näihin järjestelmässä käytettäviin termeihin, jonka jälkeen opettelin ennakkohuoltosuunnittelijan johdolla, millä tavalla muutokset tulee järjestelmään syöttää. Samaan aikaan myös kartoitin puutteita järjestelmän ja käytettävän laitteiston välillä, jotta pääsin itse tietosisällön päivityksessä liikkeelle.

7.1 Työn kohteen kuvaus

Työn toiminnallisen osuuden tarkoituksena oli tehdä tietosisällön tarkastus ja päivitys yhdellä sekundäärikasauksen kuljettimella sekä sitä edeltävällä risteysasemalla, jota kutsutaan trippertorniksi. Kyseinen risteysasema pitää sisällään suppilon sekä useiden rumpujen yhdistelmän, jolla hihna saadaan ohjattua kulkemaan halutulla tavalla. Tarkasteltu kuljetin on noin 1,4 kilometriä pitkä ja prosessin kannalta kriittinen, koska materiaali kulkee sen kautta kasauslaitteistolle. Toisin sanoen, mikäli kyseinen kuljetin pysähtyy, koko sekundäärikasauksen prosessi pysähtyy. Kyseinen kuljetin pitää sisällään kaikki teoriaosiossa kuvaillut kuljettimen osat sekä lukuisan määrän muita komponentteja. Kuljetin kuvassa 13.



Kuva 13. Työssä käsitelty sekundäärikasauksen keskikaistakuljetin.

Risteysasema on edeltävältä kuljettimelta suppilolle nouseva osuus, jonka kautta hihna kiertää voidakseen purkaa tavaransa tässä työssä käsitellylle kuljettimelle. Risteysasema kuvassa 14. Tällainen on käytössä siitä syystä, että tuon saman kuljettimen kautta materiaali voidaan ohjata kahdelle eri kuljettimelle, riippuen siitä, mille lohkoille sekundäärikasausta tehdään. Eli riippuen prosessin sen hetkisestä tarpeesta materiaali kuljetetaan joko risteysaseman ali seuraavalle suppilolle tai sen läpi suppilolle, joka pudottaa materiaalin tornin alta alkavalle kuljettimelle.



Kuva 14. Trippertorni eli risteysasema.

Työ kohdistettiin nimenomaan yhden kuljettimen ja sitä edeltävän risteysaseman laitteistoon, jotta välttyttäisiin siltä, että työn laajuus karkaisi liian isoksi. Lisäksi järjestelmässä oli havaittu selviä puutteita näiden prosessin osien suhteen. Työ rajattiin niin ikään pelkkään mekaaniseen laitteistoon, koska sähkölaitteiston mukaan ottaminen olisi laajentanut työtä liikaa.

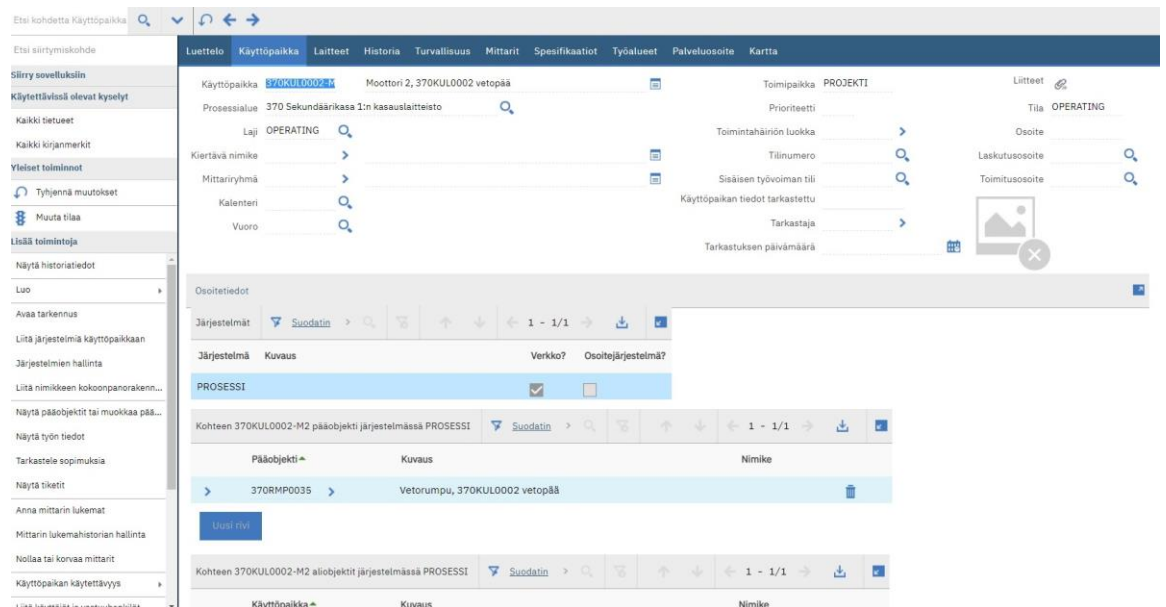
7.2 Tutustuminen Terrafamen Maximo 7.6 järjestelmään

Aloitin työn tutustumalla tarkemmin Terrafamella käytössä olevaan IBM:n toimittamaan Maximo 7.6 järjestelmään. Olin käyttänyt järjestelmää jo kesällä töiden yhteydessä, mutta tarkempi perehtyminen oli paikallaan, ennen kuin aloitin muokkaamaan järjestelmätietoja. Sen kautta hoidetaan hyvin monipuolisesti päivittäistä toimintaa kaikilla osastoilla. Järjestelmän kautta voidaan muun muassa hallita ja tarkastella varastointiin liittyviä asioita, enakkohuoltoja, työmääräimiä, ostotilauksia sekä käyttöpaikka- ja laitetietoja. Lisäksi järjestelmästä löytyy esimerkiksi laitteisiin liittyvää dokumentaatiota.

Tässä työssä käytännön osuus toteutettiin Maximo-järjestelmää käyttäen, mutta siinä käsiteltiin pelkästään käyttöpaikka-, laite-, varaosa- ja enakkohuoltotietoja sekä laitteisiin liittyvää dokumentaatiota. Tästä syystä määrittelen tarkemmin vain, mitä näillä termeillä tarkoitetaan, enkä lähde avaamaan järjestelmän toimintaa sen muilta osin.

Käyttöpaikka on järjestelmästä löytyvä tunniste, jolla esimerkiksi työt tai enakkohuollot voidaan kohdistaa tiettyyn paikkaan prosessissa ja se myös ilmaisee laitteiden paikat ja tehtävät prosessissa. Käyttöpaikkoja löytyy prosessilaitteille, sähkö- ja automaatiolaitteille sekä kiinteistöjen ja putkistojen laitteille. Käyttöpaikan nimi muodostuu siitä, missä osassa prosessia se sijaitsee, minkälaisesta laitteesta on kyse, sekä numerosta, joka kasvaa prosessissa eteenpäin mentäessä. Esimerkiksi työssä käsitelty kuljetin oli käyttöpaikaltaan 370KUL0002, joka siis kertoo, että se sijaitsee sekundäärikasauksen alueella, kyseessä on kuljetin ja järjestyksessään alueen toinen sellainen. Käyttöpaikat myös muodostavat hierarkian, johon järjestelmä perustuu. Esimerkiksi jos katsotaan prosessihierarkiassa jotain tiettyä kuljetinta, sen alta löytyy lukuisia eri käyttöpaikkoja, jotka ovat osa kuljetinta tai olennaisesti sen yhteydessä. Käyttöpaikkanäkymä Terrafamen

Maximo-järjestelmästä on kuvassa 15, jossa näkyvissä käyttöpaikka nimeltään 370KUL0002-M2, joka on siis kyseisen kuljettimen alapuolelta hierarkiasta löytyvä moottori 2. [13.]



Kuva 15. Maximon käyttöpaikkanäkymä

Laite puolestaan on juoksevilla numerolla merkattu tunnistus, joka kertoo, millainen laite kyseisellä käyttöpaikalla on käytössä. Esimerkiksi kuljettimen moottorin käyttöpaikalla olevalle laitteelle on merkattu, millainen moottori siellä on käytössä. Laitteelle voidaan merkata myös esimerkiksi teknisiä tietoja, tietoja valmistajasta sekä laitetoimittajista. Olennaisena laitteen alle merkitään myös koneen tai laitteen varaosat. Lisäksi laitteelle voidaan liittää erilaisia dokumentteja, kuten piirustuksia, esitteitä, käyttöohjeita tai muita vastaavia, joita mahdollisesti voi tarvita esimerkiksi jonkin huollon yhteydessä. Maximon laitteenäkymä on kuvassa 16., jossa näkyy edellä mainitun moottorin laitteenäkymä. Kuvassa näkyy järjestelmässä juoksevilla numerolla merkattu laitetunniste MRI2232 sekä esimerkiksi oikeassa reunassa Liitteet-linkki, jonka kautta pääsee tarkastelemaan laitteelle liitettyjä dokumentteja. [13.]

Kuva 16. Maximon laitteenäkymä

Ennakkohuollot ovat järjestelmään luotuja jaksoittain toistuvia töitä, jotka on luotu helpottamaan koneiden ja laitteiden kunnossapitoa. Ennakkohuollot voivat olla esimerkiksi viikoittaisia tarkastuskierroksia tai vaikkapa seisakissa tehtäviä tarkempia tarkastuksia. Ne voivat myös olla esimerkiksi harvemmin tehtäviä öljynvaihtoja, jotka generoituvat järjestelmästä työmääreiksi tietyn väliajoin. Ennakkohuoltonäkymä on kuvassa 17, jossa 370KUL0002-haulla löytyvät ennakkohuollot. Kyseiselle kuljettimelle on olemassa sekä mekaaniset että sähköiset tarkastukset niin käynninai- kaisina kuin myös seisakkeihin, sekä voiteluhuoltoja.

Ennakkohuolto	Kuvaus	Käyttöpaikka	Laite	Jakso	Jakson yksikkö	Työryhmä	Tila	Arvioitu seuraava määräpäivä	Siirretty päivä	Prioriteetti	Varoika (päivinä)
EH370TA014	KULJETIN: 370KUL0002 SEISOIKINAKAISSET TARKASTUKSET	370KUL0002		6 WEEKS	2092	ACTIVE	7.1.2020				14
EH370TA051	KULJETIN: 370KUL0002 SEISOIKINAKAISSET SA TARKASTUKSET	370KUL0002		6 WEEKS	2097	ACTIVE	8.1.2020				6
EH370TA059	KULJETIN: 370KUL0002 KULJETTMIEN KÄYNNINAKAISSET TARKASTUKSET JA PUHTAUDEN TARKASTUS	370KUL0002		1 WEEKS	1092	ACTIVE	3.12.2019				5
EH370TA061	KULJETIN: 370KUL0002 KULJETTMIEN KÄYNNINAKAISSET SA TARKASTUKSET	370KUL0002		1 WEEKS	1097	DRAFT					2
EH370V0036	VAIHDE: KYLPYVOITTELU VAIHTO 245L	370KUL0002-V1		52 WEEKS	2092	ACTIVE	18.3.2020				30
EH370V0037	VAIHDE: KYLPYVOITTELU VAIHTO 245L	370KUL0002-V2		52 WEEKS	2092	ACTIVE	30.12.2019				30

Kuva 17. Maximon ennakkohuoltonäkymä.

Ennakkohuolloille on useissa tapauksissa määritelty ennalta jokin reitti, johon on merkattu käyttöpaikkojen tunnisteita käyttäen, mitkä laitteiston osat kyseisessä ennakkohuollossa tulisi käydä läpi. Usein nämä reitit on rakennettu siten, että niissä kierretään kaikki kyseisen alueen laitteet, mutta ne voivat olla myös pelkästään tietyille kuljettimelle kohdistettuja. Esimerkiksi seisakkityöt kohdistetaan yleensä tietylle laitteelle, koska seisakissa laite käydään läpi paljon tarkemmin kuin käynnin aikana. Ennakkohuoltojen reittinäköymä on kuvassa 18, jossa nähtävissä osa 370KUL0002 ennakkohuoltoreitistä, sen tarkemmista kohteista sekä siitä, mitä kuuluu tarkastaa. Ennakkohuolloille on myös järjestelmässä omat tunnisteensa, jotka muodostuvat käyttöpaikkojen tavoin juoksevasta kirjain-numeroyhdistelmästä. Ennakkohuollon tunniste kertoo, että kyseessä on ennakkohuolto, mille käyttöpaikalle työ ollaan kohdistamassa, minkä tyyppinen työ on kyseessä, sekä juoksevan numeron kyseisellä prosessialueella. [14.]

Järjestys	Käyttöpaikka	Laitte	Laitteen tai käyttöpaikan kuvaus	Työsuunnitelma	Kuvaus	Tarkastuslomake	Nimi
1	370KIR0002		Kieristyslaitteisto, 370KUL0002 taittopää		Ajokiskojen, kiskopyörien, vaijerin, vaijer		
5	370RMP0034		Vaijerirumpu, 370KUL0002 kieristyslaitte		Liikkumavaran, kieristysvaran, kiinnitys		
10	370KUL0002-I		Moottori, 370KUL0002 kieristyslaitteisto		Käyntiään ja voitelun tarkastus		
15	370KIR0002-V		Vaihe, 370KUL0002 kieristyslaitteisto		Käyntiään, öljymäärän, -vuotojen, lämp		
20	370RMP0032		Taittorumpu, 370KUL0002 taittopää		Käyntiään, toiminnan, voitelun ja suo		
25	370KAA0045		Rumpukaavari, taittorumpu 370KUL000		Kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa s		
30	370RMP0033		Snubbirumpu, 370KUL0002 taittopää		Käyntiään, toiminnan, voitelun ja suo		
35	370KAA0046		Rumpukaavari, snubbirumpu 370KUL00		Kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa s		
40	370KAA0047		Aurakaavari, 370KUL0002 taittopää		Kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa s		
45	370PUH0204		Hihnan puhallin, 370KUL0002 taittopää		Yleiskunnon ja tärinän tarkastus		
50	370KUL0002-I		Moottori, hihnan puhallin 370KUL0002		Käyntiään ja voitelun tarkastus		
55	370KUL0002		Keskikaistakuljetin SK lohkoilla 3 ja 4		Kuljetinruuian, suojauksien ja hihnanoh		
60	370HIH0002		Hihna, 370KUL0002		Hihnan kunnon, liitosten, kireyden ja ke		
65	370RMP0035		Vetorumpu, 370KUL0002 vetopää		Käyntiään, toiminnan, voitelun ja suo		
70	370KUL0002-I		Moottori 1, 370KUL0002 vetopää		Käyntiään ja voitelun tarkastus		
75	370KUL0002-V		Vaihe 1, 370KUL0002 vetopää		Käyntiään, öljymäärän, -vuotojen, lämp		
80	370KUL0002-I		Moottori 2, 370KUL0002 vetopää		Käyntiään ja voitelun tarkastus		
85	370KUL0002-V		Vaihe 2, 370KUL0002 vetopää		Käyntiään, öljymäärän, -vuotojen, lämp		
90	370KAA0048		Esikaavari, 370KUL0002 vetorumpu		Kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa s		
95	370KAA0049		Rumpukaavari, 370KUL0002 vetorumpu		Kulutusosien tarkastus ja tarvittaessa s		

Kuva 18. Maximon ennakkohuoltojen reittinäköymä.

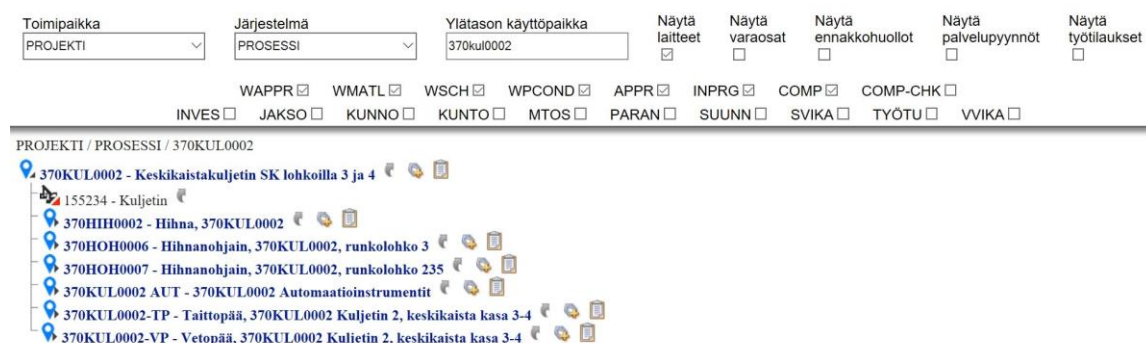
7.3 Toiminnallinen osuus

Työn toiminnallisen osuuden suoritus aloitettiin kartoittamalla järjestelmässä esiintyvät puutteet sekä mahdollisesti ylimääräiset tiedot. Aloitin kartoittamisen siten, että keräsin ensin järjestelmästä löytyvät tiedot ja tulostin niistä listan itselleni, jonka jälkeen lähdin kiertämään kyseisillä linjaston osilla tarkastaen, että järjestelmästä löytyvät tiedot ja oikeasti käytössä olevat laitteet vastaavat toisiaan. Tämän tarkastuksen aikana havaitsin jonkin verran puutteita, joiden mukaan

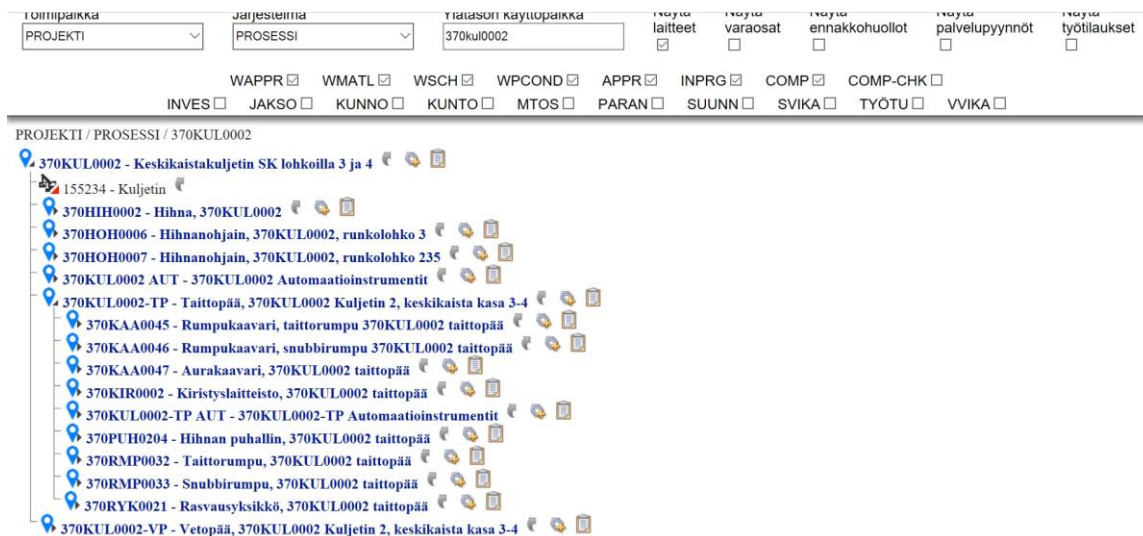
minun oli helppo lähteä käymään tietoja läpi loogisessa järjestyksessä. Osan puutteista olin pannut merkkeille jo aiemmin työskennellessäni alueella, mutta pääasiassa ne tulivat ilmi vasta tarkastukseni yhteydessä.

Ennen kuin aloin muuttamaan mitään tietoja järjestelmästä kävimme ennakkovaltuutussuunnittelijan opastuksella läpi, millä tavalla eri tiedot tulee järjestelmään syöttää ja mitä kaikkia tietoja esimerkiksi laitteet ja ennakkovaltuutukset vaativat, jotta ne olisivat yhtiössä sovitun linjan mukaisia ja oikeaoppisesti järjestelmään syötettyjä. Sovimme muutaman tapaamisajan, joissa suunnittelija perehdytti minut syvemmin järjestelmän käyttämiseen, jonka jälkeen minulle annettiin laajemat käyttöoikeudet, jotta pääsisin muokkaamaan järjestelmätietoja.

Selvitysvaiheessa käytin hyödyksi Maximo-järjestelmästä löytyvää hierarkianäkymää, joka auttoi esimerkiksi hahmottamaan mitkä laitteet kuuluvat millekin käyttöpaikalle, sekä sitä, millä tavalla eri käyttöpaikat ja laitteet liittyvät toisiinsa. Kuvassa 19 on hierarkianäkymä Terrafamen Maximo-järjestelmästä. Kun hierarkianäkymässä klikkaa esimerkiksi kuvassa toiseksi alimpana näkyvän käyttöpaikan edessä olevaa sinistä täppää, aukeaa näkyviin kyseisen käyttöpaikan alla olevat muut käyttöpaikat. Tämä on esitetty kuvassa 20. Haluttaessa saadaan näkyviin myös laitteet, varaosat sekä ennakkovaltuutukset. Näkyviin saa myöskin kyseiselle käyttöpaikalle kohdistetut työtilaukset, jos sellaisia on olemassa.



Kuva 19. Hierarkianäkymä Maximo-järjestelmästä.



Kuva 20. Laajempi hierarkianäkymä.

Aloitin läpikäymisen käyttöpaikoista, koska ne ovat niin sanotusti ylämpänä hierarkiassa. Toisin sanoen, jos järjestelmästä esimerkiksi puuttuu käyttöpaikka, kyseisellä kohteella ei voi olla myöskään laitteita, varaosia tai ennakkohuoltoja. Käyttöpaikkojen läpikäynti oli suhteellisen nopeaa ja tämän tehtyäni totesin, että järjestelmästä löytyy vain yksi puute, joka korjattiin muuttamalla jo olemassa oleva käyttöpaikka vastaamaan puuttuvaa. Kyseisellä jo olemassa olleella käyttöpaikalla ei ollut fyysisesti käytössä mitään laitetta ja se myös sijaitsi prosessissa aivan puuttuvan käyttöpaikan vieressä, joten todettiin, että sitä voidaan hyödyntää tässä kohtaa.

Kun käyttöpaikkatietojen paikkansapitävyys oli tarkistettu, kävin läpi laitetiedot, joista löytyi jonkin verran puutteita. Yhteensä laitteita täytyi luoda seitsemälle eri käyttöpaikalle, koska esimerkiksi varaosia ei voida määrittää, jos laitetta ei ole luotu järjestelmään. Pääasiassa laitteita puuttui puhdistimien käyttöpaikkojen alta, mutta myös esimerkiksi suppilolle ja hihnajarruille ei ollut määritetty laitteita. Laitetiedoissa oli myös joitakin virheitä, kuten esimerkiksi vääräntyyppinen puhdistin määritettynä, jotka korjasin vastaamaan oikeaa tilannetta.

Varmistettuani, että kaikki tarvittavat laitteet löytyvät järjestelmästä, aloin kartoittamaan niiden varaosatietoja ja dokumentteja. Laitteiden varaosissa oli joiltain osin isoja puutteita, kun taas osassa löytyi jo valmiiksi ne varaosat, mitä laitteelle kuuluu ja myös ylimääräisiä. Luonnollisesti myöskään itse luomillani laitteilla ei ollut varaosia. Korjasin varaosatieidot oikeiksi kaikkien laitteiden osalta, jotka kuuluivat työlle määriteltyihin prosessin osiin. Tässä vaiheessa myös konsultoin

jonkin verran alueen kunnossapidon henkilöstöä, pyrkimyksenä kartoittaa varaosat mahdollisimman tarkkaan paikkansapitäviksi, koska olin havainnut, että tietyillä laitteilla saattoi olla useita samantyyppisiä varaosia määritettynä.

Seuraavaksi kävin läpi dokumentit kaikkien laitteiden osalta ja vertasin niitä myös muihin prosessin osiin selvittääkseni, mitä dokumentteja vastaaville laitteilla on lisätty ja myös sen, ovatko jotkin tietyt osat täsmälleen samanlaisia ja voinko näin ollen käyttää samoja dokumentteja omaa työtäni koskevilla laitteilla. Lisäsin kaikille laitteille dokumentteja, jos se oli tarpeen ja pyrin välttämään niin sanotusti turhien dokumenttien lisäämistä. Dokumentit vaihtelivat laitteen mukaan kokoonpanokuvista ja piirustuksista käyttöohjeisiin ja teknisiin tietoihin. Tämä oli työn toiminnallisen osuuden selvästi työläin ja aikaa vievin osuus, kun etsin dokumentteja Terrafamen järjestelmistä ja yritin selvittää, mistä mahdollisesti löytyisi sellaisia, joita voisin käyttää. Pääosin löysin käyttökelpoista dokumentaatiota kaikille laitteille ja ne löytyvät nyt järjestelmästä.

Ennakkohuollot kävin läpi viimeisenä, koska käyttöpaikka ja laitetietojen täytyy olla oikeita, jotta ennakkohuollot voidaan kohdistaa oikein. Tarkastin, että työhön kuuluneet prosessin osat löytyvät ennakkohuoltojen reiteiltä ja lisäsin tai poistin reittipisteitä saadakseni ennakkohuollon vastaamaan sen hetkistä todellista tilannetta. Lisättyjen ja poistettujen tietojen määrä ei ollut suuri, mutta tarkastaminen otti aikaa ja vaati tarkkuutta, jotta reiteiltä löytyy varmasti juuri oikeat kohteet. Puuttuvia ennakkohuoltoja havaitsin kaksi kappaletta ja loin nämä järjestelmään, joten tulevaisuudessa ne ovat kunnossapitohenkilöstön käytettävissä. Puuttuneet huollot olivat kiristinlaitteiston öljynvaihto- ja voiteluhuoltoja.

Työn tulokset käytiin läpi alueen kunnossapitohenkilöstön sekä työn ohjaaja Pekka Lappalaisen kanssa ja todettiin, että työ on hyvin suoritettu. Käyttöpaikka-, laite-, varaosa- ja ennakkohuoltotiedot sekä laitteiden dokumentaatio löytyy nyt järjestelmästä ja vastaa tämän hetkistä tilannetta. Todettiin myös, että kyseisiä järjestelmän tietoja voidaan mahdollisesti käyttää tulevaisuudessa mallina, jos alueelle rakennetaan lisää vastaavanlaisia kuljettimia.

8 Yhteenveto

Tämän työn toimeksiantajana toimi Terrafame Oy:n kunnossapito-osasto. Työn tarkoituksena oli parantaa kunnossapitovarmuutta tietyillä osilla kasan purun alueen kuljetinlinjastoa ja tässä myös onnistuttiin. Järjestelmän tietosisällön päivityksellä helpotetaan sekä alueen kunnossapito-osaston että myös tuotannon henkilöstön päivittäistä työskentelyä. Päivitettyä tietosisältöä voidaan myös tulevaisuudessa käyttää mallina uusien kuljettimien käyttöönotossa.

Opinnäytetyön aiheena tämän tyyppinen tietosisällön läpikäynti on laajuudeltaan sopiva ja vaatii jonkin verran tietämystä sekä laitteiston että järjestelmän suhteen ja myös tarkkuutta, jotta kaikki tulee käytyä läpi ja kirjattua järjestelmään oikein. Itseäni työssä helpotti se, että työskentelin ensin kyseisellä alueella viisi kuukautta, jolloin kerkesin perehtyä Maximo-järjestelmän käyttöön sekä prosessissa käytettävään laitteistoon, joten ne olivat pääosin tuttuja jo työn tekemistä aloitettaessa. Tarkempi perehtyminen oli kuitenkin paikallaan, jotta työn laatu saatiin varmistettua.

Vastaavanlaisia päivityksiä tai ainakin tarkastuksia tietosisällön suhteen voisi tehdä myös muilla prosessin osilla, jolloin järjestelmän tiedot saataisiin vastaamaan todellisuutta koko prosessin osalta. Lisäksi voisi joltain osin olla paikallaan myös järjestelmän linjan yhtenäistäminen, koska tietoja on välillä syötetty monella eri tyylillä ja ne voivat helposti sekoittaa käyttäjän, jos tämä ei ole täysin varma, mitä on hakemassa.

Lähteet

- (1) Terrafame Oy. Internet-sivut. Tietoja yrityksestä
<https://www.terrafame.fi> Haettu 10.10.2019
- (2) Terrafame Oy. Internet-sivut. Tietoja mukana olevista yrityksistä.
<https://www.terrafame.fi/ajankohtaista/uutiset/terrafamellemuuttajayksityista-rahoitusta-tukemaan-tulevia-investointeja.html> Haettu 10.10.2019
- (3) Sampo Oyj. Internet-sivut. Tietoa yrityksestä.
<https://www.sampo.com/fi/tietoa-meista/liiketoiminnot/sampo-oyj/>
Haettu 10.10.2019
- (4) Terrafame Oy. Terrafamen tuotantoprosessin kuvaukset. Terrafamen sisäinen koulutusmateriaali. 2017
- (5) Terrafame Oy. Kanan purun prosessikuvaus. Terrafamen sisäinen koulutusmateriaali. 2018
- (6) Roxon. Materiaalinkäsittely, Mekaaniset massatavarakuljettimet. Hihna- ja kuljetinkoulutus. 5/2019
- (7) Keinänen T., Kärkkäinen P., Metso T., Putkonen K. Koneautomaatio 2 Logiikat ja ohjausjärjestelmät WSOY; 1. painos. 2000
- (8) Roxon. Turvallisuuskoulutus, Kuljettimet. Hihna- ja kuljetinkoulutus. 5/2019
- (9) Finlex. Internet-sivut. Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=403> Haettu 6.11.2019

- (10) Järviö J., Piispa T., Parantainen T., Åström T. Kunnossapito. KP-Media Oy; 4. uudistettu painos. 2007
- (11) Järviö J., Lehtiö T. Kunnossapito tuotanto-omaisuuden hoitaminen. KP-Media Oy; 5. uudistettu painos. 2012
- (12) Terrafame Oy. Kunnossapidon strategia. Terrafamen sisäinen materiaali. 2016
- (13) Terrafame Oy. Maximo 7.6.1 Käyttöpaikkojen ja laitteiden luominen. Terrafamen sisäinen materiaali. 2019
- (14) Terrafame Oy. Maximo 7.6.1 Ennakkohuolto-ohje. Terrafamen sisäinen materiaali. 2018