



Elias Ihalainen

Prosessijärjestelmän huolto ja vian- määritys

Lajittelijan huolto-opas

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

6.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Elias Ihalainen
Otsikko:	Prosessijärjestelmän huolto ja vianmääritys: Lajittelijan huolto-opas
Sivumäärä:	30 sivua + 4 liitettä
Aika:	6.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Automaatiotekniikka
Ohjaaja(t):	Lehtori Tuomas Leppänen Huoltopäällikkö Jukka Tervo

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan vianmääritystä prosessijärjestelmässä. Tavoitteena on luoda ohjeistusta vianmääritysprosessista sekä luoda huolto-ohje Helsinki-Vantaan lentoaseman matkatavarankuljetinjärjestelmän lajittelijalle. Opinnäytteen toimeksiantaja oli Finavia Oyj.

Työssä aluksi perehdytään kuljetinjärjestelmän sekä lajittelijan toimintaan. Tämän jälkeen avattiin kunnossapidon ja huollon määritelmiä sekä hiukan kuljetinjärjestelmän kunnossapitoa. Tästä päästiin vianmäärityksen avaamiseen käsitteenä sekä tutkittiin vianmääritysprosessia ja sen kulkua. Lopuksi tehtiin Finavia Oyj:lle kuljetinjärjestelmän lajittelijalle huolto-ohje kellopulssivalokennojen vikatilanteiden korjaukseen.

Opinnäytetyössä käytettiin tietolähteenä laitetoimittajien kattavaa sähköistä dokumenttikirjastoa, verkkoaineistoa, standardeja, tietokirjallisuutta sekä kirjoittajan kerrytettyä työkokemusta matkatavarankuljetinjärjestelmän parissa.

Työstä muodostui ohjeistus vianmääritykseen sekä huolto-ohjepohja vikatilanteisiin kuljetinjärjestelmässä. Tätä pohjaa voidaan käyttää vika- ja häiriötilanteiden dokumentointiin sekä uusien työntekijöiden perehdytykseen.

Avainsanat: Vianmääritys, lajittelija, prosessijärjestelmä, huolto

Abstract

Author(s): Elias Ihalainen
Title: Process System Maintenance and Troubleshooting: Sorter Unit Service Manual
Number of Pages: 30 pages + 4 appendices
Date: 6 May 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and automation engineering
Specialisation option: Automation engineering
Instructor(s): Tuomas Leppänen, Senior Lecturer
Jukka Tervo, Maintenance Manager

This thesis investigates fault diagnosis and troubleshooting in a process system. The aim of the work was to create guidelines for the system troubleshooting and to develop service instruction for the sorter unit of the baggage handling system at Helsinki-Vantaa airport. This thesis was commissioned by Finavia Oyj

The thesis first dives into specifics of the baggage handling system and the sorter unit. After that, definitions of maintenance and servicing are provided with a brief overview of the baggage handling systems maintenance. This leads into exploring troubleshooting and examination of the fault diagnosis process. Concluding the thesis, service instruction for fixing a faulty clock pulse unit in the sorter part of the airport's baggage handling system is handled.

Sources of information in this thesis work were a comprehensive document library from equipment suppliers, online materials, standards, reference literature and my work experience in the field of baggage handling systems.

The result of the thesis work is a set of guidelines for system troubleshooting and service instruction for fault situations in the process system. The framework of the service instruction can be used for documenting future faults and for the orientation of new employees.

Keywords: Troubleshooting, Sorter, Process system, Maintenance

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kuljetinjärjestelmä	3
3	Lajittelija	5
3.1	Induktioyksikkö	7
3.2	Vaunu	8
3.3	Johdinkiskojärjestelmä	9
3.4	Ajomoottori ja kellotaajuusyksikkö	9
3.5	Ohjausjärjestelmä	10
3.6	SCADA	10
4	Huolto ja kunnossapito	11
4.1	Kunnossapidon määritelmä ja perusteet	11
4.2	Suunniteltu ja ehkäisevä kunnossapito	14
4.3	Suunnittelematon ja korjaava kunnossapito	15
4.4	Seisokki	15
4.5	Kunnossapito kuljetinjärjestelmässä	16
5	Vikaantumisen ja vianmääritys	18
5.1	Vianmääritys	19
5.2	Vian havaitseminen	20
5.3	Vianmäärityksen menetelmät	21
5.4	Dokumentaatio	24
6	Huolto-ohje	25
7	Yhteenveto	27
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1: Lajittelijan huolto-ohje

Lyhenteet

- SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. Järjestelmän valvonta- ja ohjausjärjestelmä.
- IATA: International Air Transport Association airport code. Kansainvälinen lentoyhtiöiden tunnistuskoodi.
- ICS: Independent Carrier System. BEUMER Group -yrityksen matkatarankuljetusjärjestelmä.
- TOTE: Matkatavaran kuljetusalusta kuljetinjärjestelmässä.
- BLC: Baggage Logistic Center. Matkatavaroiden käsittelyalue Helsinki-Vantaan lentoaseman matkatavarajärjestelmässä.
- EBS Early Bag Storage. Matkatavaroiden säilytysalue Helsinki-Vantaan lentoaseman matkatavarajärjestelmässä.
- Profibus: Teollisuudessa käytetty kommunikaatioprotokolla, jota käytetään automaatiojärjestelmien ja laitteiden välisessä tiedonsiirrossa.
- TCB: Tilt Controller Board. Lajittelijan vaunujen ohjainyksikkö tai kippausyksikkö.
- CTB: Control Transmitter Board. Lajittelijan rungossa oleva yksikkö, joka antaa TCB-yksikölle käskyjä koneohjaimelta.
- CRB: Control Receiver Board. Lajittelijan rungossa oleva yksikkö, joka välittää kippausyksikön tilan koneohjaimelle.

- LSM: Linear Synchronous Motor. Lineaarisynkronimoottori on moottori, joka hyödyntää sähkömagneettista vuorovaikutusta magneettikentän ja sähkövirran välillä liikkeen aikaansaamiseksi.
- CMC: Crisbag Machine Controller. Kuljetinjärjestelmän koneohjain.
- PLC: Programmable Logic Controller. Logiikka on pieni tietokone, jota käytetään automaatioprosessien ohjauksessa.
- CSC: Crisbag System Controller. Kuljetinjärjestelmän ohjausjärjestelmä.
- Deadlock: Tila, jossa matkatavaravirta järjestelmässä on pysähtynyt eikä järjestelmä pysty käsittelemään matkatavaroita.
- RCA: Root Cause Analysis. Juurisyyanalyysi on menetelmä, jonka tarkoituksena on löytää vikaantumisen juurisyyt sen sijaan, että keskityttäisiin vain oireiden hoitoon.

1 Johdanto

Finavia Oyj on Suomen valtion omistama lentokenttäinfrastruktuuria ylläpitävä yritys, joka vastaa suomen lentoasemien hallinnoinnista, toiminnasta sekä kehittämisestä. Finavian lentoasemaverkostoon kuuluu 20 lentoasemaa joista, 18 pääasiassa palvelee matkustajaliikennettä ja 2 pelkästään sotilas- ja yleisilmailua. Yhtiö tarjoaa palveluita matkustajille, lentoyhtiöille sekä ilmailualan sidosryhmille. Finavian keskeisiin tavoitteisiin kuuluvat lentomatkustuksen sujuvoittaminen, kestävän kehityksen edistäminen sekä lentoasemien turvallisuuden ja palveluiden jatkuva parantaminen. [1.]

Syksyllä 2023 Finavian 10-vuotinen investointiohjelma Helsinki-Vantaan lentoasemalla päättyi. Terminaalin pinta ala kasvoi 250 000 neliömetriin eli noin 45 prosenttia ja asematasoa laajennettiin 450 000 neliömetriä. Matkatavarakapasiteettia saatiin lisättyä myös noin 50 % kasvattamalla matkatavaraprosessijärjestelmää. Tällä investointiohjelmalla saatiin Suomea sekä Finaviaa yrityksenä pysymään kilpailukykyisenä jatkuvasti kasvavalla ilmailualalla. [1.]

Finavia palvelee päivittäin noin 80 000 matkustajaa sekä lukuisia muita asiakkaita sekä palvelukumppaneita Suomessa ja ympäri maailmaa. Lentoliikenteen sekä erityisesti Aasian ja Euroopan välisen liikenteen on ennustettu kasvavan voimakkaasti, joten Finavia kehittää lentoasemien toimintoja ja palveluita jatkuvasti pysyäkseen mukana kansainvälisessä kilpailussa. Finavian arvot perustuvat turvallisuuteen, asiakasläheisyyteen, uudistukseen sekä vastuullisuuteen. [1.]

Finavian Baggage Processes and Airport Equipment on yksikkö Helsinki-Vantaan lentoasemalla, joka ylläpitää ja huoltaa lentoaseman järjestelmiä sekä laitteita. Yksikkö koostuu käyttö- ja ylläpito henkilöstöstä, asiantuntijoista, vuoroesihenkilöistä sekä päälliköistä. Ylläpito henkilöstö suorittaa kuljetinjärjestelmän sekä turvalaitteiden huolto- ja ylläpitotehtäviä. Käyttöhenkilöstö valvoo ja ohjaa kuljetinjärjestelmää SCADA-järjestelmästä sekä koordinoi huoltotehtäviä.

Käyttöhenkilöstö myös kommunikoi yhteistyötahojen kanssa sekä palvelee kuljetinjärjestelmään liittyvissä asioissa.

Yksikön työvuoron aikana ilmeni matkatavarankuljetinjärjestelmän hälytys, johon vuorossa työskentelevät henkilöt eivät olleet törmänneet aikaisemmin. Tämä harvinaisempi hälytys aiheutti vikatilanteen kuljetinjärjestelmässä, josta johtui tuotannon hetkellinen katkos. Vianmääritys ja häiriön korjaus etenivät soveltaen aikaisempaa kokemusta sekä tuntemusta järjestelmästä. Vikatilanne kuitenkin herätti huomion mahdollisista ongelmatilanteista, joita harvinaiset hälytykset sekä vikatilat voisivat aiheuttaa.

Järjestelmän laajentuessa lisääntyvät uudet hälytykset sekä häiriötilat. Vikatilanteiden dokumentaatio sekä ohjeistus eivät aina pysy laajennuksien mukana päivitettyinä. On lähes mahdotonta dokumentoida jokaista mahdollista vikatilaa ja korjausohjetta etukäteen suurissa järjestelmäkokonaisuuksissa. Näissä suurissa järjestelmissä voi sattua tilanteita, joissa tietyt vikatilanteet esiintyvät todella harvoin. Vikatilanne voi olla tuttu työntekijöille, jotka ovat mahdollisesti kohdanneet sen aikaisemmin. Toisaalta voi käydä niin että, juuri vuorossa olevat työntekijät ovat vältäneet tämän vikatilanteen, jolloin he törmäävät siihen ensimmäistä kertaa. Uudet työntekijät ovat erityisen alttiita tällaisille tilanteille, joissa he kohtaavat heille täysin uusia ongelma- tai häiriötilanteita.

Insinööriyön tavoitteena on perehtyä vianmääritykseen sekä luoda esimerkkihuolto-ohje kuljetinjärjestelmän lajittelijan vikatilaa. Työllä on tarkoitus tutustuttaa lukija vianmäärityksen prosessiin ja menetelmiin, joita voi hyödyntää vika- ja häiriötilanteiden ratkaisussa. Lajittelijan huolto-ohjeella luodaan esimerkki vianmäärityksen toimenpiteiden dokumentaatiosta. Näin saadaan huolto-ohjepohja, jota voidaan käyttää jatkossa harvinaisten vikatilanteiden dokumentoimiseen jatko- sekä koulutuskäyttöä varten.

Tässä insinööriyössä tutustutaan vianmääritykseen sen tarkoitukseen ja siihen liittyviin termeihin. Käydään läpi menetelmiä sekä toimintatapoja, joita voidaan hyödyntää vianmääritystehtävissä. Tämän lisäksi tutustutaan matkatavaran

kuljetinjärjestelmään sekä lajittelijaan, jota työssä luotu huolto-ohje koskee. Huolto-ohjeessa käydään läpi vaiheita, joita käytetään lajittelijan kellopulssivalokennojen virheellisestä toiminnasta johtuvan hälytyksen korjauksessa.

2 Kuljetinjärjestelmä

Helsinki-Vantaan lentoaseman kuljetinjärjestelmä on Suomen suurimpia kappaleavarajärjestelmiä. Matkatavaraprosessi käyttää noin 28 000 neliometriä tilaa, sekä linjastoja on yhteensä noin 15 kilometriä. Matkatavaroita pystytään säilyttämään laukkuhotelleissa, joissa matkatavarat odottavat lajittelua huolintayhtiölle. Matkatavaroiden säilöntä alueilla pystytään säilyttämään noin 2 400 matkatavaraa samanaikaisesti. Järjestelmä pystyy käsittelemään lähteviä sekä vaihtavia matkatavaroita noin 14 000 tunnissa. [2.]

Kuljetinjärjestelmä koostuu useasta eri alueesta, jotka toimivat yhtenäisesti matkatavaran käsittelyssä. Alueet ovat järjestelmä kokonaisuuksia, jotka keskittyvät matkatavaran käsittelyn eri vaiheisiin kuten vastaanottamiseen, siirtymiseen, käsittelyyn, säilöntään sekä lajitteluun. Matkatavara syötetään järjestelmään lähtöselvityksessä, jossa siihen kiinnitetään matkalaukkulipuke. Matkalaukkulipuke on varustettu viivakoodilla, joka sisältää tiedot laukun määränpäistä sekä omistajasta. Järjestelmään sijoitetuilla IATA (International Air Transport Association airport code) -skannereilla pystytään lukemaan matkalaukkulipukkeet, jotka mahdollistavat matkatavaroiden tilan sekä sijainnin seuraamisen järjestelmässä.

Matkatavaroiden siirtymää suoritetaan pääsääntöisesti kahdenlaisilla kuljetinmalleilla. BEUMER Groupin CrisBag® ICS (Independent Carrier System) -matkatavarankäsittelyjärjestelmä (kuva 1) on suunniteltu erikseen lentokenttä- ja matkatavaraympäristöön yhdistämään matkatavaroiden varastoinnin sekä kuljetuksen. Jokainen matkatavara säilyy samassa yksilöllisessä kuljetusvälineessä eli TOTE:ssa kuljetuksen sekä säilytyksen ajan, mikä mahdollistaa täsmällisen seurannan sekä jäljitettävyyden. Hyödyntämällä TOTE kuljetus menetelmää voidaan olla lähes riippumattomia matkatavaran muodosta tai mallista. Näin myös

mahdollistetaan jopa 10 m/s:n nopeus pitkän matkan siirtymillä. ICS-järjestelmä koostuu laajasta valikoimasta vakiomoduuleja, mikä tekee sen muokkaamisesta ja päivittämisestä järjestelmän tarpeisiin helppoa. [3.]



Kuva 1. Matkatavarat ICS-järjestelmän TOTE-kuljetuksessa [3]

Matkatavaroiden käsittely alueella käytetään BEUMER Groupin CrisBelt® conveyor system -ratkaisua (kuva 2). Hihnakuuljettimet mahdollistavat suuren matkatavaramäärän käsittelyn pienemmällä alueella kuin ICS-järjestelmä [4]. Hihnakuuljetin on laite, jota käytetään esimerkiksi tuotteiden tai matkatavaroiden siirtämistä paikasta toiseen. Hihnakuuljettimet on varustettu matolla, joka kulkee kuuljetinrungon päällä ja siirtää matkatavaroita tai paketteja pitkin kuljetinta. Mattoa liikuttaa vaihtovirtamoottori, jonka teho vaihtelee sen mukaan, kuinka paljon kuormitusta kuuljetin saa. Laukkujen sijaintia seurataan valokennoilla.

Matkatavarat himmentävät valokennon, kun ne kulkevat sen edestä. Näin järjestelmä ja ohjainyksiköt saavat tiedon sekä komennon käynnistyksestä ja pysäytyksestä.

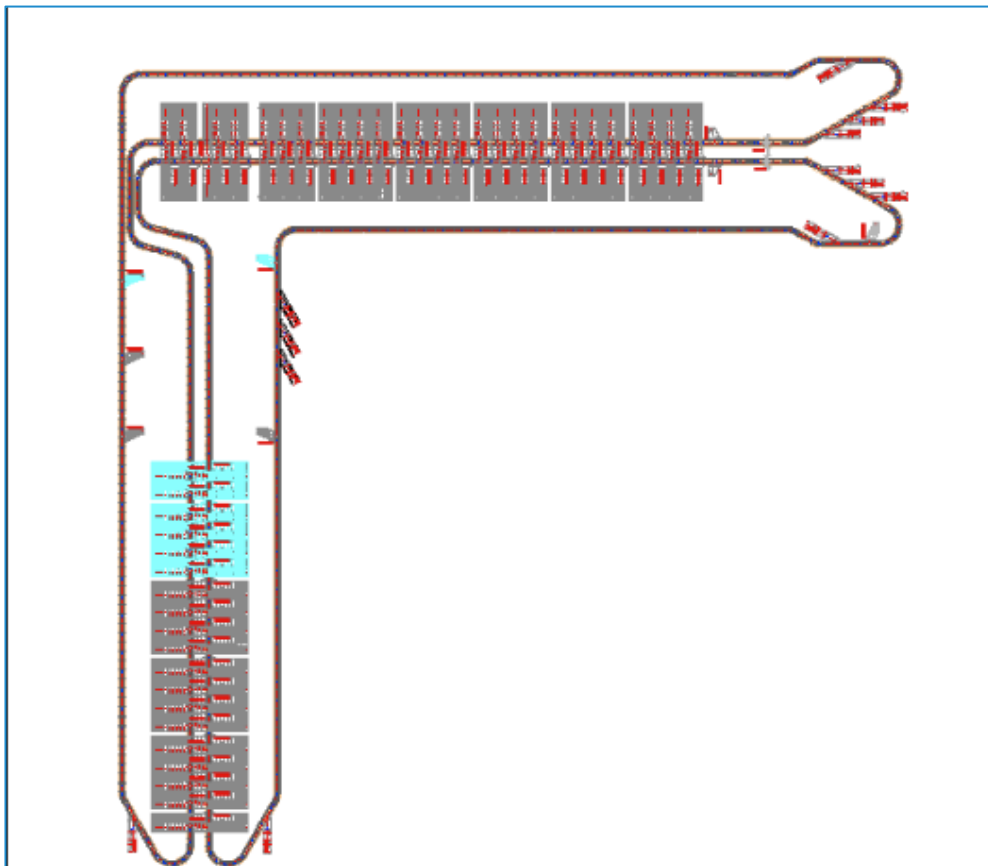


Kuva 2. CrisBelt Conveyor system -hihnakuljetin [4]

3 Lajittelija

Matkatavaran lajittelija eli Sorter Unit lajittelee matkatavarat luisuihin, joissa matkatavara siirtyy huolintayhtiön käsiteltäväksi. Helsinki-Vantaan lentoaseman matkatavaraprosessissa on neljä lajittelijaa, joista kaksi kuuluu BLC (Baggage Logistic Center) -osuuteen ja kaksi West Wing -järjestelmään. Lajittelija on kuljetus- ja lajittelujärjestelmä, joka koostuu vaunuista, joissa on sähköinen kippausjärjestelmä. Vaunut kuljettavat matkatavaraa induktioista purkupisteisiin, missä matkatavara puretaan kippaamalla se pois vaunusta.

BLC:ssä sijaitsevat kaksi lajittelijaa on rakennettu sellaisessa konfiguraatiossa (kuva 3, että vikatilanteessa voidaan käsitellä normaalia kapasiteettia vain yhden lajittelijan avulla. Tällä konfiguraatiolla mahdollistetaan matkatavaroiden pääsy kaikkiin määränpäihin molemmilta lajittelijoilta. Suurin osa induktioista on liitetty pääosaan matkalaukkuvirrasta, joka tulee BLC-kellarin matkatavaran käsittelyjärjestelmästä. Loput induktioista ovat liitettynä EBS (Early Bag Storage) järjestelmään. Molemmissa lajittelijoissa on yksi 270° asteen viivakoodinlukija ja jokaisessa induktiossa on alhaalla 90° asteen viivakoodinlukija. Tällä mahdollistetaan 360° asteen lukualue matkatavaroille. Viivakoodinlukijat skannaavat matkatavaroissa olevat matkatavaralipukkeet ja päivittävät matkatavaroiden sijainnin järjestelmään. [5.]



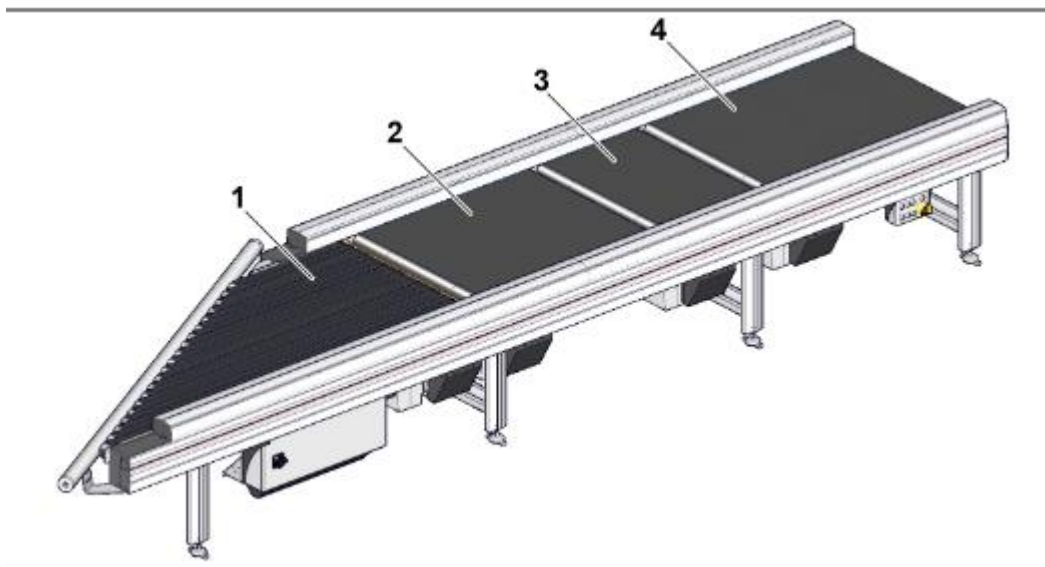
Kuva 3. BLC-lajittelijoiden asettelu. [5].

Lajittelija on yksi keskeisimmistä osista matkatavaran kuljetinjärjestelmästä. Lajittelija pystyy käsittelemään suuria määriä matkatavaroita samanaikaisesti, mikä mahdollistaa täsmällisen toiminnan myös kiireellisimmillä ruuhka-ajoilla.

Matkatavaroiden jakelu huolintayhtiöille on koko matkatavarajärjestelmän viimeinen osuus. Sen toimivuudella pystytään välttämään lentojen myöhästymisiä sekä helpottamaan huolintayhtiöiden toimintaa matkalaukkujen lajittelussa.

3.1 Induktioyksikkö

Induktioyksiköt (kuva 4) ovat hihnakujujettimia, jotka toimivat muun kuljetinjärjestelmän ja lajittelijan välillä. Induktioyksikkö koostuu kehyksestä, hihnoista, valokennoista, ohjauspaneelista sekä käyttöpaneelista. Jokainen hihna on varustettu sähkömoottorilla sekä taajuusmuuntajalla. Kommunikointi lajittelijan kanssa tapahtuu Profibus-väylää hyödyntäen. Sähköinen liitäntä kuljetinjärjestelmään suoritetaan digitaalisilla tuloilla ja lähdöillä. Ensimmäisen lukuhihnan sekä induktiohihnan välissä on 90 asteen viivakoodinlukija, joka lukee matkalaukun matkalaukkulipukkeen.



Kuva 4. Induktioyksikkö numeroiduilla hihnoilla. 1 siirtymähihna, 2–3 induktiohihna. 4 koodaushihna. [5.]

Erotushihnalla varmistetaan, että matkatavaroiden välinen etäisyys on sopiva. Näin vältetään useamman kuin yhden matkatavaran siirtyminen induktiohihnalle. Induktiohihnalla matkatavara odottaa, kunnes sille löytyy tyhjä vaunu lajittelijalta. Tyhjän vaunun löytyessä induktiohihna käynnistyy ja siirtää

matkatavaran oikealla ajoituksella siirtymähihnalle. Siirtymähihna käy jatkuvasti tasaisella nopeudella ja siirtää matkatavaran vaunun lautaselle. [5.]

3.2 Vaunu

Jokainen vaunu on varustettu lautasella, harjattomalla tasavirtamoottorilla sekä paikallisella ohjausyksiköllä eli TCB:llä (Tilt Controller Board). Vaunu kommunikoi muiden yksiköiden kanssa infrapuna datasiirron avulla. CTB (Communication Transmitter Board) ja CRB (Communication Receiver Board) ovat yksiköitä lajittelijan rungossa, jotka kommunikoivat vaunujen TCB-korttien kanssa. CTB lähettää tietoa koneohjaimelta TCB:lle riippuen CTB-kortin toiminnasta. Näitä toimintoja voivat olla purku, kallistus vasemmalle, kallistus oikealle, kallistus pois päältä tai induktiokontrolli. CRB taas vastaanottaa TCB:ltä tietoa kallistuslaitteen tilasta ja välittää ne koneohjaimelle. [5.]



Kuva 5 Lajittelija kippaamassa matkatavaran luisuun [6].

Virransiirto tapahtuu johdinkiskojärjestelmällä, jolla voidaan varmistaa jatkuva tehonsiirto. Vaunut on kytketty toisiinsa liittimellä, joka sisältää pallomaisen kuulalaakerin. Tällä mahdollistetaan pysty- ja vaakasuuntaiset liikkeet. Jokainen vaunu on varustettu juoksevilla pyörillä ja ohjauspyörillä, jotka liikkuvat tukirungon vaakasuorilla ja pystysuorilla pinnoilla. Puinen alusta toimii matkatavaroiden kantajana ja tyhjien välien poistamiseen on käytetty kumisia suojakansia. Lisäksi jokaisessa vaunussa on suojakansi sovitettuna kallistusmoottorin ympärille. Tällä suojakannella estetään matkatavaroiden putoaminen lajittelijan väliin. [5.]

3.3 Johdinkiskojärjestelmä

Johdinkiskojärjestelmä koostuu pysyvistä johdinkiskoista, lajittelijan tukirungosta sekä virroittimista, jotka on asennettu vaunuketjuun. Johdinkiskot on asennettu 8 metrin mittaisiin moduuleihin noin 60–80 metrin välein. Virroittimet toimivat sähköisenä liitoksena johdinkiskojen sekä kallistuslaitteiden välillä. Virroittimet on asennettu vaunuihin siten, että vähintään yksi on aina kosketuksessa lajittelijan johdinkiskoon. Vaunujen kallistuslaitteet on kytketty yhteen niin, että johdinkiskojärjestelmästä voidaan välittää virta mihin tahansa kallistuslaitteeseen lajittelijalla. [5.]

3.4 Ajomoottori ja kellotaajuusyksikkö

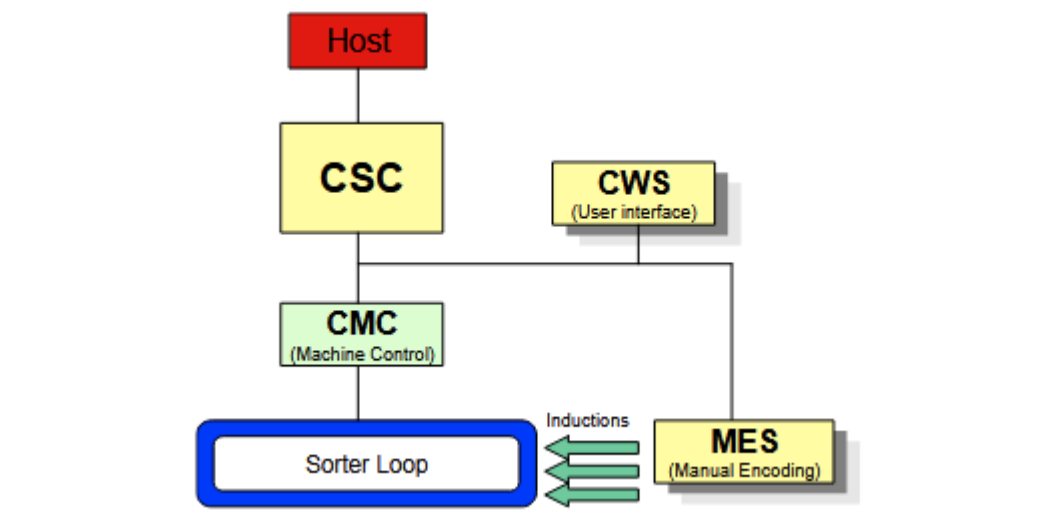
Vaunuketjua ohjataan tukirungon sisään asennetuilla ajomoottoreilla. Ajomoottorit perustuvat lineaariseen synkronimoottoriin (LSM). LSM tuottaa työntövoimaa syöttämällä virtaa staattoriin, mikä luo sähkömagneettikentän. Tämä sähkömagneettikenttä vuoro vaikuttaa vaunujen magneettiin luoden työntövoiman. Magneetit toimivat kuten perinteisen moottorin roottori ja mahdollistavat lineaarisen liikkeen. Vaunut etenevät, kun sähkövirtaa syötetään vaunujen alla oleviin staattoreihin. [5.]

Lajittelijan nopeutta säädellään kellotaajuusyksiköllä. Kellotaajuusyksikkö sisältää lineaarisen sarjan kellotaajuusvalokennoja, jotka on asennettu 50 millimetrin välein, mikä vastaa yhtä kellotaajuutta. Kun vaunu kulkee kellotaajuusyksikön

ohi, valokennot himmenevät yksi kerrallaan vaunussa olevan havaittavan kohteen vaikutuksesta. Tämä havaittava kohde vaunuissa muodostuu TCB-kotelon takalevystä. Koneohjain käyttää kellotaajuus signaaleja säätämään lajittelijan nopeutta sekä pystyy määrittämään vaunujen sijainnin tarkasti. [5.]

3.5 Ohjausjärjestelmä

Lajittelijan CMC (Crisplant Machine Controller) koostuu teollisuuden PLC:stä ja siihen perustuvista ohjelmistoista. Ohjain kommunikoi syöttö- ja lähtölohkojen kanssa verkon avulla. Tiedonsiirtoverkkoa hallitsee CSC (Crisplant System Controller), joka ohjaa vaunuja, tilastoja, valvontaraportteja sekä tiedonsiirtoa isäntätietokoneen ja muiden liitettyjen ohjausjärjestelmien kanssa. Käyttöliittymä voi tapahtua suoraan CSC:stä tai etätyöaseman SCADA:lta.



Kuva 3. Ohjausjärjestelmän kuvaus, [5]

3.6 SCADA

SCADA eli Supervisory Control and Data Acquisition on järjestelmä, joka mahdollistaa teollisuusprosessien valvonnan sekä ohjauksen reaaliajassa. SCADA-järjestelmä kerää dataa antureiden sekä mittauslaitteiden avulla, käyttäjät voivat lähettää ohjaussignaaleja valvottaviin laitteisiin ja prosesseihin. Järjestelmästä pystytään saamaan hälytyksiä sekä virheilmoituksia, kun havaitaan poikkeuksia

toiminnassa. SCADA-järjestelmällä myös voidaan tallentaa prosessien tietoja ja virhelokeja, mikä mahdollistaa niiden analysoinnin ja raportoinnin jälkikäteen.

[7.]

Kuljetinjärjestelmän SCADA esittää koko järjestelmän live-tilaa graafisten kuvien avulla. Järjestelmää pystytään seuraamaan usealta tasolta alueiden kokonaiskuvista yksittäisiin elementteihin asti. Hälytysten käsittely ja järjestelmän ohjaus ovat keskeisiä asioita kuljetinjärjestelmän operoinnissa. SCADA mahdollistaa vikatilanteiden paikannuksen tarkasti sekä tarvittavien toimenpiteiden suorittamisen etätyöasemalta. Nämä toimenpiteet voivat olla esimerkiksi matkatavaliikenteen ohjaus uudelle reitille tai elementtien etäohjaus vikatilanteiden korjaamiseksi.

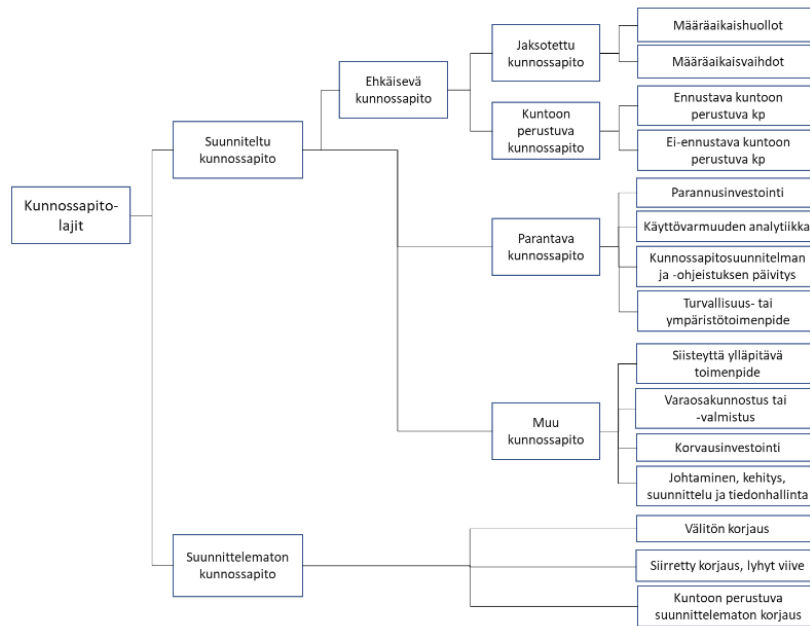
4 Huolto ja kunnossapito

Huolto ja kunnossapito eivät ole käsitteinä täysin vakiintuneita. Näiden sanojen määritelmät voivat vaihdella paljon eri toiminnan aloilla. Huolto on pääsääntöisesti konkreettista vianetsintää, vikojen korjaamista tai ennakoivia toimenpiteitä. Tällä on tarkoitus varmistaa tuotannon laitteiden ja koneiden oikeanlainen toiminta. Kunnossapito on yleistermi, joka pitää sisällään tuotannon laitteiden, koneiden sekä itse kiinteistön toimintakunnon ylläpidon. Kunnossapitoon myös liittyy ajattelutavat ja menetelmät, joilla pyritään kehittämään laitteiden ja koneiden elinikää. Näitä menetelmiä ovat esimerkiksi kunnossapitosuunnitelmien ja ohjeiden päivitys. [8.]

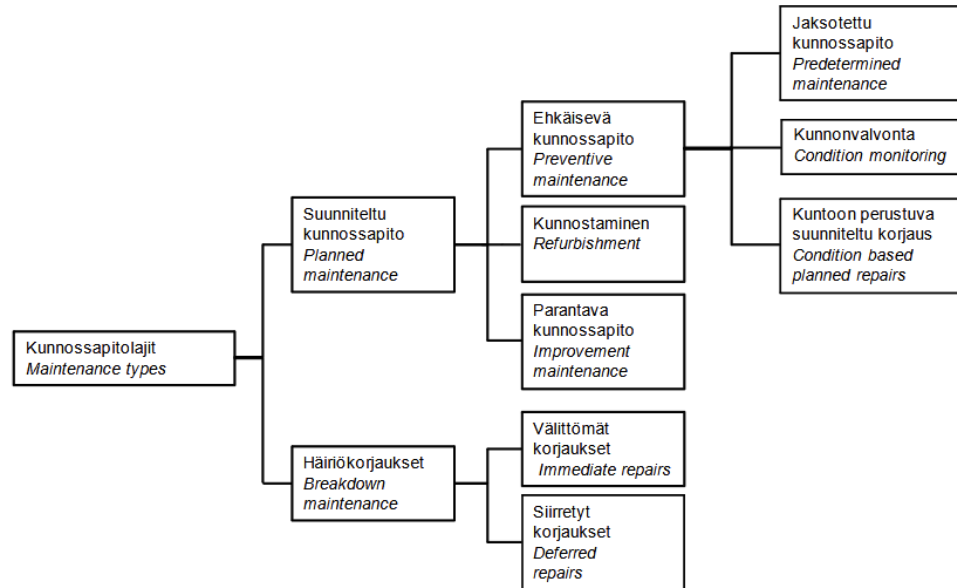
4.1 Kunnossapidon määritelmä ja perusteet

Kunnossapito tarkoittaa toimenpiteitä sekä prosesseja, joilla voidaan varmistaa laitteiden, rakenteiden tai järjestelmien asianmukainen toiminta, kestävyys ja turvallisuus. Kunnossapitoa käsittelevillä standardeilla PSK 6021, PSK 7501 ja SFS 13306 on eroja kunnossapitolajien luokittelun suhteen. PSK 6021 -standardissa kunnossapito on lajiteltu suunnittelun- ja suunnittelemattoman kunnossapidon mukaan (kuva 4). PSK 7501 -standardissa, joka käsittelee

prosessiteollisuuden kunnossapitoa, lajitellaan kunnossapito suunniteltuun ja häiriökorjauksiin sen mukaan, ovatko ne aiheuttaneet häiriöitä tuotannossa (kuva 5).



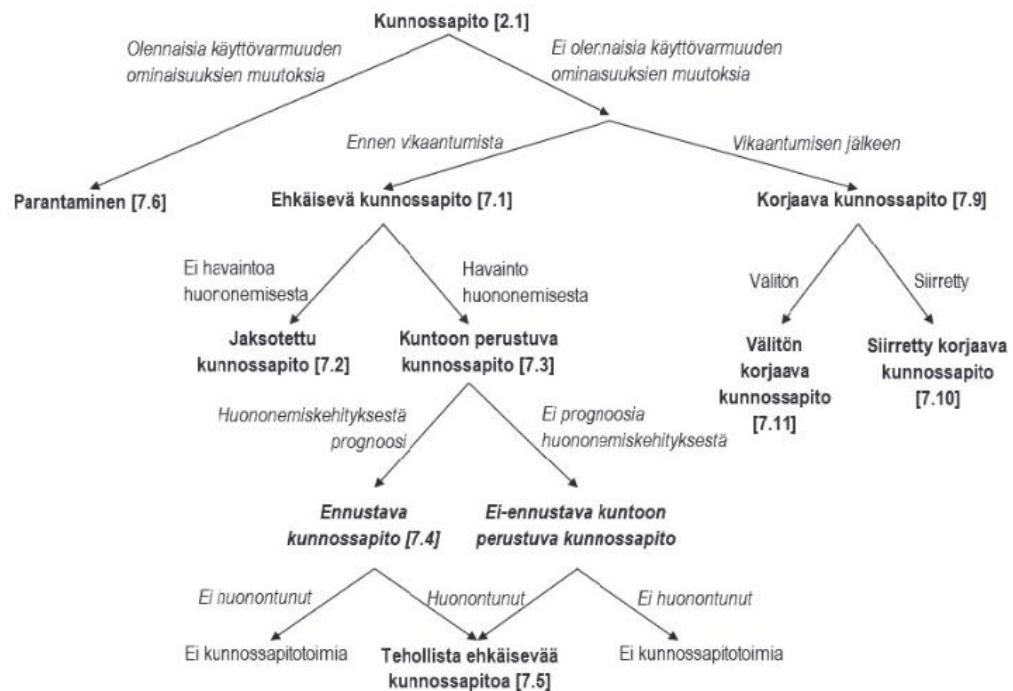
Kuva 4. PSK 6021 [9, s.40]



Kuva 5. PSK 7501 [10, s.32]

SFS 13306 -standardi lajittelee kunnossapitotoimenpiteet vian havaitsemisen mukaan (kuva 6). Tässä standardissa parantaminen on eroteltu erilleen ehkäisevästä ja korjaavasta kunnossapidosta. Standardissa parantaminen on määritetty seuraavasti:

Yhdistelmä kaikista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joilla on tarkoitus parantaa kohteen toimintavarmuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä ja/tai turvallisuutta ilman, että alkuperäinen toiminto muuttuu. [11 s. 14.]



Kuva 6 SFS 13306 [11 s. 23]

4.2 Suunniteltu ja ehkäisevä kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään huoltoon liittyviä toimenpiteitä, jotka perustuvat säännöllisiin ja suunniteltuihin toimintoihin. Huolto- ja korjaustoimet ajoitetaan etukäteen tietyin väliajoin tai tiettyjen mittareiden perusteella. Suunnitellun kunnossapidon tavoitteena on ehkäistä odottamattomia korjaustarpeita ja pidentää laitteiden elinkaarta suunnittelemalla kunnossapitotoimet etukäteen.

Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään ennaltaehkäisemään vikoja ja toimintahäiriöitä järjestelmässä tai laitteistossa ennen kuin ne ilmenevät [11, s. 13]. Tämä voi esimerkiksi sisältää säännöllisiä tarkastuksia, huolto- ja puhdistustoimenpiteitä tai ennakoivia korjauksia. Tavoitteena on tunnistaa ongelmat ja ryhtyä toimenpiteisiin niiden korjaamiseksi ennen kuin ne aiheuttavat suurempaa vahinkoa tai katkoksia tuotannossa. Suunniteltu ja ehkäisevä kunnossapito täydentävät toisiaan. Suunniteltu kunnossapito pyrkii pitämään laitteiston toimintakunnossa pitkällä aikavälillä. Ehkäisevä kunnossapito auttaa pienentämään odottamattomia ongelmia sekä parantamaan järjestelmän luotettavuutta.

4.3 Suunnittelematon ja korjaava kunnossapito

Suunnittelematon ja korjaava kunnossapito perustuvat toimiin, jotka tapahtuvat vasta, kun laite tai kone lopettaa kyvyn toimia odotetulla tavalla. Laitteen viikaantuessa pyritään saamaan korjausta vaativa kohde takaisin toimintakuntoon mahdollisimman nopeasti. Suunnittelematon kunnossapito voi aiheuttaa ylimääräistä seisokkiaikaa sekä korkeampia kustannuksia. Välitön suunnittelematon korjaus on toimenpide, mikä tapahtuu heti vian havaitsemisen jälkeen [9, s. 27]. Välittömät toimenpiteet voivat myös tarkoittaa koneen tai laitteen palauttamista toimintaan väliaikaisesti, jotta vältetään seisokin pitkittyminen. PSK 7501 määrittelee suunnittelemattoman kunnossapidon häiriökorjauksina. [10, s. 5.]

Siirretty suunnittelematon korjaus on toimenpide, joka tarkoittaa korjauksen siirtämistä vian havaitsemisen jälkeen [9, s. 28]. Siirrettyjä suunnittelemattomia korjauksia tehdään laitteille, jotka eivät vaikuta tuotantoon tai prosessiin merkittävästi eivätkä vaaranna turvallisuutta. Korjauksen siirto voi myös johtua resursien kuten varaosien puutteesta. Siirretty korjaus suoritetaan usein tuotanto aikojen ulkopuolella tai erikseen pidettävän suunnitellun seisokin aikana.

4.4 Seisokki

Seisokki on tila, jossa kohde ei pysty suorittamaan siltä odotettua toimintoa käytön, suunnitellun tai suunnittelemattoman kunnossapidon toimenpiteen vuoksi [9, s. 12]. Prosessiteollisuuden standardissa PSK7501 seisokki on tuotannon pysäyttämistä joko suunnitelmallisesti tai häiriön aiheuttamana [10, s. 32]. Seisokki suunnittelemattomana tai suunnitellusti voi aiheuttaa tuottavuuden laskua, lisää kustannuksia, sekä tuotantokatkoja. Seisokkiaika on ajanjakso, jolloin sitä koskeva kohde ei ole tuotannossa [9, s. 12]. Tämän ajan välttäminen ja minimoiminen on tärkeää tuotannon tehokkuuden kannalta.

Suunniteltu seisokki on tilanne, jossa laite, järjestelmä tai tuotantoprosessi pysäytetään tarkoituksella tietyksi ajaksi [9, s. 12]. Tämä voi tapahtua esimerkiksi ennakoivien huoltotoimenpiteiden, päivitysten, muutostöiden tai muiden

etukäteen suunniteltujen toimenpiteiden vuoksi. Yrityksillä voi olla etukäteen vuositasolla suunniteltu seisokkiaika, mitä huomioidaan budjetoinnissa. Tästä syystä seisokkien huolellinen suunnittelu parantaa tuottavuutta huomattavasti [12]. Kerryttämällä siirrettyjä korjaustöitä seisokkien välillä mahdollistaa niiden suorittamisen yhden seisokin aikana. Näin voidaan minimoida turhaa seisokkiaikaa sekä ylimääräisiä kustannuksia.

Suunnittelematonta seisokkia kutsutaan myös häiriöseisokiksi. Tämä seisokki tapahtuu, kun tuotanto pysähtyy tai pysäytetään vian tai poikkeaman takia normaalin tuotannon aikana [9, s.12]. Häiriöseisokki voi esimerkiksi tapahtua sähkökatkoksesta, ohjelmistovirheestä tai komponentin rikkoutumisesta. Häiriöseisokki voi pahimmillaan aiheuttaa tuotantokatkoksen, mikä voi johtaa merkittäviin tuotannollisiin menetyksiin. Vianmääritys on olennainen osa häiriöseisokkien hallintaa ja edistää korjaustöitä laitteen tai prosessin palauttamiseksi toimintakuntoon. Häiriöseisokkien vaikutuksia ja kustannuksia voidaan pyrkiä vähentämään esimerkiksi ennakoivalla kunnossapidolla, varaosien hallinnoinnilla sekä henkilökunnan koulutuksella.

4.5 Kunnossapito kuljetinjärjestelmässä

Kuljetinjärjestelmän suunnitellut seisokit ovat olennainen osa kuljetinjärjestelmän hallintaa sekä kunnossapitoa. Nämä seisokit ajoitetaan pääasiassa ruuhka-aikojen ulkopuolelle, jotta matkatavaraliikenne voi jatkua sujuvasti ja tehokkaasti. Ruuhka-ajat määritellään matkatavaroiden määrän ja lentoliikenteen saapumisten sekä lähtöjen perusteella. Ruuhkapiikkejä on päivän aikana yleensä kaksi, yksi aamupäivällä ja toinen iltapäivällä. Näiden ruuhkapiikkien aikaan matkatavaraliikenne on vilkkaimmillaan ja vaatii huolellista valvontaa. Kun matkatavaraliikenne hidastuu ja harvenee ruuhka-aikojen välissä, pystytään suorittamaan siirrettyjä huolto- ja korjaustöitä ilman, että ne aiheuttavat katkoksia tuotantoon. Yöllä on pidempi ajanjakso, jolloin matkatavaraliikenne on pysähtynyt lähes kokonaan. Tämä mahdollistaa laajojen seisokkien järjestämisen ilman että se estää matkatavaraliikennettä. Tästä syystä suuremmat huolto-, korjaus ja päivitystyöt suoritetaan yöaikaan.

Hälytyksiä sekä vikaantumisia tapahtuu päivän aikana useampia. Näiden häiriötilojen vianmääritys ja korjaus on osa päivittäisiä työtehtäviä. Pienetkin vikaantumiset saattavat aiheuttaa kuljetinjärjestelmässä matkatavaravirran ruuhkautumista tai sulkea pois järjestelmän alueita. Tästä syystä vika- ja häiriötilanteiden vakavuus tulee arvioida käyttöhenkilöstön toimesta, jotta voidaan suunnitella oikeat menetelmät sen korjaamiseksi. Pienetkin vikatilat saattavat ruuhka aikana aiheuttaa ketjuefektinä suurempia ongelmia, jos matkalaukkuvirta on liian pitkään seisokissa. Vian vakavuutta ja kriittisyyttä arvioidaan sen vaikutuksella matkatavaraliikenteeseen.

Merkittävät järjestelmän vikatilanteet ovat harvinaisempia ja niitä ehkäistään ennakkoivilla toimenpiteillä kuten kausihuolloilla sekä laitetarkastuksilla. Merkittävillä vikatilanteilla tarkoitetaan kriittisempää vikaantumista, jonka korjaus- ja huoltotoimenpiteissä tiedetään kestävän pidempään, ja ne sulkevat tuotannon suuremmilla alueilla järjestelmässä. Nämä voivat aiheuttaa pitkäaikaisemman seisokin, joka vaatii lisäjärjestelyjä yhteistyötahojen kanssa. Lisäjärjestelyillä voidaan vähentää lentojen myöhästymisiä sekä parantamaan asiakaskokemusta.

Deadlock on tila, jossa matkatavaravirta on pysähtynyt kokonaan järjestelmän ruuhkautumisen takia. Matkatavarat eivät pääse liikkumaan lajitteluun tai säilöntään. Jokainen matkatavara odottaa edellä olevan matkatavaran liikkumista, mutta liikettä ei tapahdu. Matkatavaroita ei saada ulos järjestelmästä ja vastavasti uusien matkatavaroiden vastaanotto ei ole mahdollista. Tämä aiheuttaa suuremman seisokin ja tuotantokatkoksen. Tämä tila voi alkaa pienestäkin viasta, joka jää huomioimatta tai siihen ei reagoida tarpeeksi nopeasti. Deadlock-tilan purkamiseen ja välttämiseen on luotu toimintaohjeet, joihin voi tukeutua hätätilanteessa. Tilan purkamisessa täytyy selvittää sen juurisyy, jotta järjestelmä saadaan takaisin tuotantoon. Keskeistä on luoda tilaa matkatavaroille, jotta liikettä saadaan aikaan ja tukos voidaan purkaa.

5 Vikaantumisen ja vianmääritys

Vika tai vikatila määritellään PSK6201 -standardissa seuraavasti:

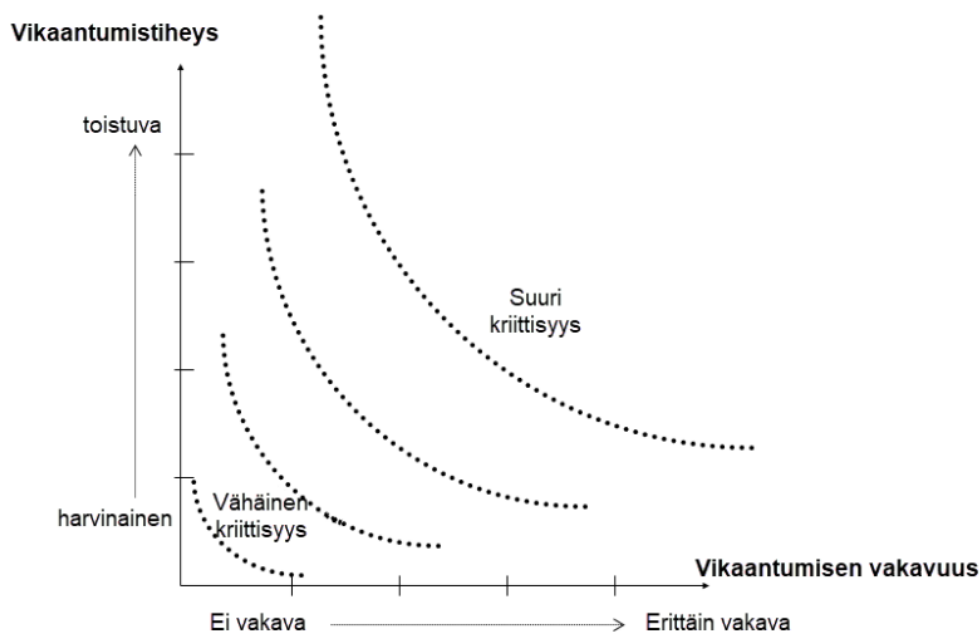
Vika, vikatila on tila, jossa kohde ei kykene suorittamaan vaadittua toimintoa pois lukien ehkäisevän kunnossapidon, jonkin muun suunnitellun toimenpiteen tai ulkoisten resurssien puutteesta johtuvan toimintakyvyttömyyden takia. [9, s.17.]

Standardissa on myös huomioitu, että normaalin kulumisen ja vikaantumisen raja on usein epämääräinen, joten voidaan puhua myös vian kehittymisestä. [9, s.17]

Standardi PSK6201 [9, s. 19] luokittelee erilaiset viat neljään eri kategoriaan:

- **Kriittinen vika:** Vika, joka todennäköisesti johtaa henkilöiden loukkaantumiseen, merkittäviin aineellisiin vahinkoihin, tuotannollisiin menetyksiin tai muihin ei-hyväksyttäviin seurauksiin.
- **Vakava vika:** Vika, joka vaikuttaa kohteen tärkeäksi arvioituun toimintoon.
- **Lievä vika:** Vika, joka ei vaikuta kohteen mihinkään tärkeäksi arvioituun toimintoon.
- **Piilevä vika:** Olemassa oleva vika, jota ei voida havaita normaali olosuhteissa.

Vian kriittisyyttä eli sen vakavuutta pystytään myös havainnollistamaan erilaisilla asteikoilla tai numeerisilla arvoilla. Esimerkiksi kuljetin järjestelmän SCADA:lla vikailmoitukset ovat värikoodattuja hälytyksen vakavuuden mukaan. SFS 13306 -standardissa vikaantumisen kriittisyyttä kuvataan kriittisyysmatriisilla (kuva 6). Kriittisyysmatriisissa vikaantumista seurataan vikaantumistiheyden sekä vikaantumisen vakavuuden mukaan.



Kuva 6. SFS 13306 -standardin kriittisyysmatriisi [11, s. 27]

Vikatila voi olla väliaikainen tai pysyvä, ja sen vakavuus voi vaihdella lievästä haitasta järjestelmän täydelliseen toimintahäiriöön. Vian kriittisyys määrittelee, kuinka sitä lähestytään ja mitä menetelmiä tai toimintatapoja täytyy käyttää sen korjaamiseksi.

5.1 Vianmääritys

Vianmääritys on systemaattinen tapa, jolla pyritään tunnistamaan ja selvittämään järjestelmän, laitteen tai prosessin toimintahäiriötä tai ongelmia. Vianmääritystä käytetään, kun järjestelmä tai laitteisto ei toimi kuten pitäisi tai on vikaantunut. Prosessijärjestelmän vianmääritys vaatii osaamista tai opintoja useilta eri aloilta. Mekaanisen ja sähköisen alan osaaminen on suureksi avuksi laitteiden ja järjestelmien korjaus- sekä vianmääritystehtävissä. Tietämällä, kuinka kone tai prosessi toimii ennen sen vikaantumista, helpottaa vianmääritystä huomattavasti. Seuraamalla koneen toimintaa on hyvä tapa oppia sen toiminnasta. Kuinka tuote siirtyy koneeseen ja miten se poistuu siitä? Mitä tuotteille tehdään niiden ollessa prosessissa? Kuinka nopeasti kone tai järjestelmä toimii

tuotannossa? Toimiiko laite itsenäisesti vai vaatiiko se käyttäjää? Näiden kysymysten avulla voi saada hyvän käsityksen koneen tai prosessin yleisestä toiminnallisuudesta. [13; 14, s.7.]

5.2 Vian havaitseminen

Vian havaitseminen voi tapahtua järjestelmän hälytyksillä. Järjestelmiä voidaan seurata tarkastelemalla kerättyä tietoa sekä laskettuja arvoja. Järjestelmä on toimintakuntoinen, kun nämä prosessi-arvot sekä tilat pysyvät niille asetetuilla rajoilla. Näiden rajojen rikkominen määritellään tapahtumaksi, joka aiheuttaa SCADA järjestelmässä tapahtumankäsittelyn. Tapahtuman käsittelyssä verraan laskettuja arvoja ja tilatietoja tietokannassa sijaitseviin arvoihin ja tietoihin. Tämä mahdollistaa uuden tilan seurannan ja vertailun normaaliarvoon, mikä voi johtaa laitteen normaalin tai ei-normaalin toimintatilan luomiseen, joka voi johtaa hälytykseen. [15.]

Pysähtynyt tuotanto tai epätavalliset äänet koneista sekä laitteista voivat viestiä viasta, joka ei välttämättä ole vielä aiheuttanut hälytystä. Tarkastuskierrokset ovat olennainen osa järjestelmän kunnossapitoa. Kierroksien aikana ja yleisesti kun liikkuu järjestelmässä sekä koneiden vieressä, on hyvä pitää silmät sekä korvat auki ja luottaa omiin aisteihin. Lattialla voi näkyä vuotavia nesteitä, metalli tai muovi silppua. Moottoreista ja koneista voi kuulua voimakasta kirskimista tai vinkumista. Laitteet sekä koneet voivat täristää. Koneiden eri osat voivat olla lämpimiä tai jopa kuumia. Palaneen haju voi olla myös merkki vikaantumisesta. Näiden poikkeamien tunnistamisessa pitää olla tuntemus järjestelmän ja laitteiden normaalista toiminnasta.

Vikatilanteita voidaan myös selvittää ja paikantaa videoimalla. Jos esimerkiksi järjestelmässä havaitaan toiminnallinen virhe, mutta sitä on vaikea toistaa, voidaan asentaa kamera kuvaamaan laitteen tai koneen toimintaa. Videota voidaan hidastaa ja nopeuttaa sekä toistaa, jotta saadaan parempi idea, mikä aiheuttaa virheellisen toiminnan. Kameroita voidaan sijoittaa koneen tai laitteen

ympärille, jotta saadaan hyvä yleiskuva sen toiminnasta tai vaikka laitteen sisään kuvaamaan tarkempaa toimintoa tai yksittäistä osaa.

5.3 Vianmäärityksen menetelmät

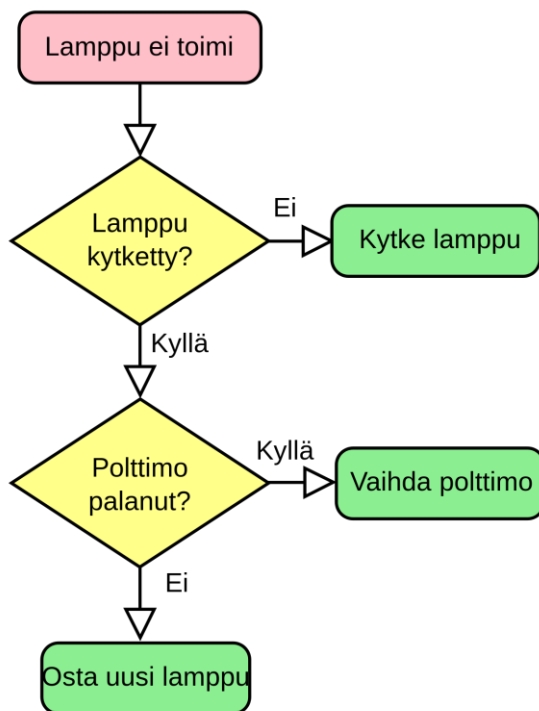
Kun vika on havaittu, voidaan aloittaa toimenpiteet sen paikantamiseksi ja korjaamiseksi. Laitteiden ja koneiden mukana on usein dokumentaatiota valmistajalta. Dokumentaatiossa voi olla mukana vianmääritysohje, joka helpottaa koneen palauttamista toiminnalliseen tilaan. Suositeltavat huolto-ohjeet auttavat tunnistamaan esimerkiksi alueita tai osia, joissa esiintyy yleensä ongelmia. Laitteiden ja koneiden dokumentaatiota voidaan pitää melkein yhtä tärkeinä kuin työkaluja sekä testauskalustoa. [14 s.15.]

Vianmääritykseen on kehitelty useita menetelmiä, joita voi käyttää hyödyksi vian paikannuksessa. Yleisesti kannattaa tarkastaa ensin, saako kone tai laite virtaa. Tarkastamalla virtalähteet, katkaisijat ja sulakkeet voidaan säästää aikaa sulkeamalla pois yksinkertaisia vikaantumisen syitä. Power cycle eli virtakierto tai virtajakso tarkoittaa menetelmää, jossa kone tai laite sammutetaan kokonaan ja käynnistetään uudelleen [16]. Näin saadaan se palautettua alkuperäiseen toimintatilaan, joka voi ratkaista joitain laitteiston tai ohjelmiston toimintaan liittyviä ongelmia.

Shotgunning tai hakuammunta on menetelmä, joka tarkoittaa jokaisen osan tai komponentin tarkastusta ja vaihtoa yksitellen [17]. Tämä menetelmä ei ole tehokkain sekä halvin tapa ratkaista ongelmia mutta voi toimia pinteessä ja tuottaa yllättäviä tuloksia. Osien ja komponenttien vaihdolla voi kuitenkin olla riski, että alkuperäinen vika rikkoo uuden vaihdetun osan. Olennaista on kuitenkin koneen tai laitteen palauttaminen toiminnalliseen tilaan. Seisokit voivat koitua kalliiksi ja seisokkiajan pitkittymistä pitää vältellä. Vianmäärittäjän tulee harkita vahvasti etukäteen, milloin on järkevää käyttää tätä menetelmää.

Tarkastuslistojen sekä vuokaavioiden tekeminen etukäteen on hyödyllistä vianmääritys prosessin helpottamiseksi. Käyttö- ja kunnossapitohenkilöstö saavat

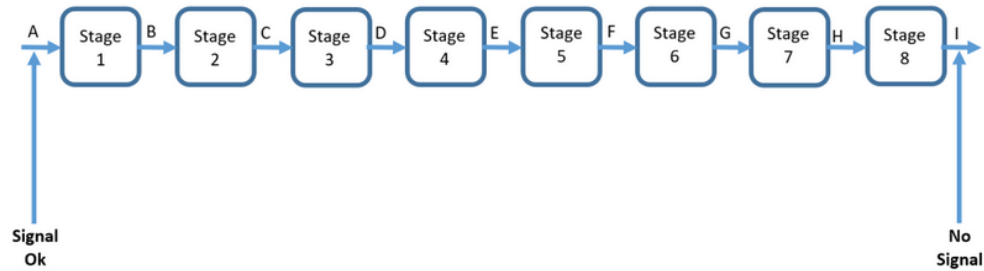
järjestelmällisen ohjeen, jota voi noudattaa laitteiden ja koneiden vianmäärityksessä.



Kuva 7. Vuokaavio Wikipedia [18].

Näiden listojen ja kaavioiden tulisi olla helposti saatavilla. Listoja voi säilyttää tietokoneella tai lisätä laitteiden ja koneiden ohjauspaneeleihin. Aiempien vikatilanteiden sekä niiden ratkaisujen dokumentointi voi olla avuksi näiden ohjeiden laatimisessa. Listoja sekä kaavioita tulisi päivittää uusien tapahtumien sattuessa. [19 s. 284.]

Jaottelumenetelmä on menetelmä, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi virtaan ja signaaleihin liittyvissä ongelmanratkaisussa [20]. Menetelmässä jaetaan järjestelmä alueisiin, jonka jälkeen suoritetaan esimerkiksi jännitemittauksia näiden alueiden välillä. Kun oikea jännitemittaus signaali löytyy tai katoaa, jaetaan ongelma-alue puoliksi. Jaottelumenetelmällä voidaan vähentää tarvittavien mittauksien määrää viallisen vaiheen tai komponentin löytämiseksi.



Kuva 8. Jaottelumenetelmä [20].

Ensimmäinen mittaus suoritetaan kuvan 8 kohdassa E eli viallisen alueen keskeltä. Jos signaali on kunnossa kohtien A ja E välissä, saadaan tietoon, että ongelma sijaitsee alueiden E ja I välissä. Näin yhdellä mittauksella saadaan mahdolliset vikaantuneet alueet vähennettyä puoleen. Uusi mittaus suoritetaan kohdasta G. Jos signaali on huono tai sitä ei saada, siirrytään kohtaan F. Tätä jaottelumenetelmää jatketaan, kunnes vikaantunut kohta on eristetty. [20.]

Root Cause Analysis suomeksi juurisyyanalyysi, eli RCA on menetelmä, jota käytetään syvällisten ongelmien selvittämiseen ja ratkaisemiseen. Tämän tarkoituksena on tunnistaa perimmäiset syyt tapahtuneille virheille tai ongelmille sen sijaan, että käsiteltäisiin vain niiden ilmentymiä tai oireita. RCA-menetelmää voidaan hyödyntää monella eri alalla kuten tuotannossa, tietotekniikassa, liiketoiminnassa tai terveydenhuollossa. Menetelmä auttaa organisaatioita ja yrityksiä oppimaan virheistä sekä parantamaan toimintaprosesseja. [21.]

Ensimmäinen vaihe juurisyyanalyysissä on ongelman määrittely ja tunnistaminen. Tämä sisältää ongelman tietojen keräämisen, sen vaikutusten ymmärtämisen ja selkeiden tavoitteiden asettamisen. Kun ongelma on tunnistettu, kerättyjä tietoja analysoidaan, jotta saadaan parempi käsitys mahdollisista syistä sekä malleista. Tämän jälkeen voidaan suorittaa tutkimusta todellisen ongelman juurisyyn löytämiseksi. Tässä vaiheessa pyritään paljastamaan taustalla olevat tekijät, jotka ovat vaikuttaneet ongelmaan. Kun juurisyy on tunnistettu, kehitetään korjaavat toimenpiteet ongelman ratkaisuksi. Näillä toimenpiteillä pyritään käsittelemään ongelmaa sen alkupisteessä ja estämään sen uusiutuminen.

Hyödyntämällä näitä menetelmiä voidaan varmistaa systemaattinen ja tehokas lähestymistapa ongelmien ratkaisussa. Tämä edistää vika- ja häiriötilojen nopeaa korjausta. Menetelmän valinta perustuu vianmäärittäjän tietoon ja kokemukseen. Jokaiselta löytyy omat tyykinsä päätösten tekemisessä. Jotkut voivat olla aktiivisia ja testata mahdollisia korjausvaihtoehtoja. Toiset keräävät tietoa ja haluavat ymmärtää tilanteen perusteellisesti ennen toimintaan ryhtymistä.

5.4 Dokumentaatio

Dokumentoimalla vikatilanteita sekä korjaustoimenpiteitä saadaan tallennettua historiatiedot aikaisemmista ongelmista sekä niiden ratkaisuista. Jos ongelma tai vika esiintyy uudelleen, voidaan hyödyntää dokumentoituja ratkaisuja ja menetelmiä ongelmien nopeassa tunnistamisessa sekä korjaamisessa. Tällä myös mahdollistetaan tiedon jakamisen ja siirtämisen tiimien sekä työntekijöiden välillä. Jos henkilö, joka ratkaisi tietyn vikatilanteen, ei ole saatavilla, auttaa dokumentaatio muita työntekijöitä pääsemään samaan ratkaisuun.

Dokumentoitu vianmääritys voi toimia oppimis- ja koulutus materiaalina uusille työntekijöille tai henkilöille, jotka eivät ole aikaisemmin kohdanneet tiettyä ongelmaa tai vikatilannetta. Käymällä läpi ohjeistusta sekä käytettyjä menetelmiä vianmäärityksessä voi auttaa heitä ymmärtämään ongelmien ratkaisuprosesseja. Erityisesti suurissa prosessi järjestelmissä laitteistoa ja vikaantumisen kohteiden määrä voi olla suuri. Uusilla työntekijöillä voi kestää pitkiäkin aikoja sisäistää mahdolliset ongelmat sekä korjaustoimenpiteet.

Vikahistorian avulla voidaan löytää toistuvia ongelmia tai heikkoja kohtia järjestelmässä ja laitteissa. Näin pystytään luomaan perusteita parannus ehdotuksille ja pidemmän aikavälin ratkaisuille, jotta voidaan estää vastaavien ongelmien syntyminen uudestaan. Dokumentointi auttaa parantamaan toiminnan tehokkuutta, vähentämään seisokkiaikoja sekä edistämään järjestelmän käytettävyyttä.

6 Huolto-ohje

Kuljetinjärjestelmään tehtävät huolto ohjeet toimivat käyttö- ja ylläpitohenkilöstön apuna vianmääritys sekä korjaustehtävissä. Näillä ohjeilla pyritään dokumentoimaan järjestelmässä tapahtuvia hälytyksiä sekä vikatilanteita, jotka saattavat vaikuttaa tuotantoon merkittävästi. Ohjeita hyödyntämällä vanhat ja erityisesti uudet työntekijät saavat hyödyllisen menetelmän järjestelmän palauttamisessa tuotantoon. Nopeuttamalla vianmääritystä sekä korjausta saadaan vähennettyä seisokkien aiheuttamaa seisokkiaikaa ja vältetään tuotantokatkoilta.

Esimerkki huolto-ohjeessa käsitellään lajittelijan kellopulsseihin liittyvää hälytystä. Hälytys pysäyttää lajittelijan täysin ja näin aiheuttaa seisokin sitä koskevalle lajittelijalle. Erityisesti ruuhkan aikaan lajittelija on hyvä saada takaisin toimintaan nopeasti, jotta tuotanto ei ole yhden lajittelijan varassa. Ohjeesta löytyy hälytyksen nimi siten, kuin se esiintyy SCADA:n hälytysruudulla. Yleiset syyt kertovat, mistä hälytys johtuu, jotta käyttäjä saa paremman käsityksen vikaantumisesta. Tässä esimerkki tilanteessa hälytys johtuu lajittelijan kellopulsseiden virheestä. Valokennot saavat virhelukeman, jonka syynä voi olla rikkinäinen valokenno, peili tai TCB-kotelo. Irtonaiset esineet kuten laukkuhihnat tai roskat voivat myös aiheuttaa virheellisen lukeman.

SCADA:lta suoritettavat toimenpiteet ovat tärkeitä, jotta tuotanto saadaan pidettyä toiminnassa. Ennakoivat komennot estävät lisävahinkojen syntymisen tai matkatavaravirran ruuhkautumisen. Kun lajittelija vikaantuu yllättävästä syystä, yleisenä toimenpiteenä on estää uusien matkatavaroiden pääsy lajittelijalle johtaville kuljetinlinjoille. Vaikka useimmat SCADA:n hälytykset kertovat vian sijainnin, on hyvä lisätä ohjeet todellisen korjattavan kohteen paikantamiseksi. Järjestelmien sähkö- ja ohjainkaappien sijainnit on myös hyvä tarkentaa, jos vian korjaus vaatii niiden käytön tai tarkastuksen.

Kriittisemmissä vikatilanteissa sekä pitkistä seisokeista tulee tehdä ilmoitus Terminal Control -yksikköön. Näin saadaan yhteistyökumppaneille kuten

huolintayhtiöille tai lentoyhtiöille viestintäyhteys mahdollisista lisäjärjestelyistä sekä seisokkien vaikutuksesta ilmailuliikenteeseen. Lajittelija on olennainen järjestelmän osuus matkatavaroiden siirtämisessä huolintayhtiöille. Sen vikaantussa ollaan yhden lajittelijan varassa. Jos tämäkin lajittelija vikaantuu, joudutaan tekemään erityisjärjestelyjä, jotta matkatavarat saadaan lajiteltua huolintayhtiöille

Tarvittavien työkalujen sekä osien listaamisella voidaan välttää turhaa matkaa vika kohteen sekä varaston välillä. Järjestelmän välimatkat voivat olla todella pitkiä, joten seisokki- ja vikaantumisan pitkittymistä voidaan vähentää valmistautumalla vikatilanteeseen. Lajittelija sijaitsee yli 2 metrin korkeudessa, joten korjaustehtävään tarvitaan saksinostinta turvalliseen työskentelyyn. Peili on olennainen osa valokennojen toiminnallisuuden tarkastamisessa. Lajittelija saattaa esimerkiksi olla pysähtynyt siten, että vaunun TCB-kotelo peittää osan valokennojen heijastinpeileistä. Valokennon heijastus lukema voidaan tarkastaa näistä kennoista käyttämällä peiliä niiden edessä.

Tarkastuslistalla edistetään vianmäärittystä sekä korjattavan osan tai kohteen paikantamista. Käymällä läpi listan vaiheet järjestyksessä saadaan suljettua pois osia sekä toimintoja, jotta vikaantumisen syy löytyy. Esimerkki ohjeessa käydään läpi ensin valokennojen toimivuus, jonka jälkeen tarkastetaan lajittelija irtaantuneista esineistä tai osista. Jos vikaantumisen syytä ei löydy, tehdään testiajo lajittelijalla. Testiajon aikana seurataan valokennojen toiminnallisuutta ja vaunujen kuntoa.

Vikaantuneen osan tai toiminnon paikantamisen jälkeen annetaan ohjeistusta osien vaihtoon tai vian korjaamiseen. Kellopulssikennon vaihdossa on hyvä muistaa asettaa valokennon säädöt oikein sille tarkoitettussa kohteessa. Korjauksen jälkeen suoritetaan varmistavat toimenpiteet, jotta saadaan varmuus laitteiden ja koneiden oikeasta toiminnallisuudesta. Lajittelijalla CMC-ohjain saattaa vikaantua äkillisestä pysähdyksestä. Hälytys nousee esille, kun lajittelijaa yrittää käynnistää uudelleen esimerkiksi kellopulssi hälytyksen jälkeen. Huolto ohjeesta löytyy ohjeistus lajittelijan CMC:n sekä logiikkaohjaimen

resetoimiseen, jotta lajittelija saadaan uudelleen käyntiin. Kun toiminnallisuus on saatu palautettua, on hyvä seurata laitetta tai konetta sen ollessa käynnissä. Näin voidaan varmistua sen oikeasta toiminnallisuudesta ennen tuotantoon palaamista.

Dokumentoimalla menetelmät, joita käytettiin vikatilanteen korjaamiseen, pystytään pitämään huolto-ohjeet ajan tasalla. Jos vianmäärityksessä löytyi uusi vikaantumisen syy tai korjaustoimenpide, voidaan lisätä ne huolto ohjeistukseen. Dokumentoitu vianmääritys tarjoaa historiatietoja aiemmista vikatilanteista ja auttaa tulevaisuudessa samanlaisten häiriöiden tunnistamisessa sekä korjaamisessa.

7 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin kuljetinjärjestelmään, huoltoon ja kunnossapitoon liittyviin käsitteisiin sekä vianmääritysprosessiin. Tämän insinööriyön tavoitteena oli perehtyä prosessijärjestelmien vianmääritykseen sekä luoda huolto-ohje lajittelijan vikatilaan. Työssä tutustuttiin kuljetinjärjestelmän toimintaan pintapuolisesti. Kuljetinjärjestelmän lajittelijan toimintaa käsiteltiin hiukan tarkemmin, sillä huolto ohje käsitteli siihen liittyvää hälytystä. Huollon ja kunnossapidon käsitteisiin sekä määritelmiin tutustuttiin, jotta saatiin ymmärrys vika- ja häiriötilojen vaikutuksesta kuljetinjärjestelmään.

Tämän työn pohjalta lukija saa käsityksen vianmäärityksestä yleisesti, sen tarkoituksesta sekä menetelmiä, joita pystytään hyödyntämään järjestelmien vikatilojen selvittämisessä. Työssä tehdyllä lajittelijan huolto ohjeella Finavia saa esimerkkipohjan harvinaisten ja merkittävien vikatilojen dokumentoimiseen. Dokumentoimisen tärkeys ilmeni hyvin työtä tehdessä. Jakamalla tietoa korjaustoimenpiteistä edistää omaa ja muiden osaamista järjestelmän ylläpidosta. Huolto-ohjeilla uusien työntekijöiden perehdytystä ja koulutusta saadaan parannettua. Oppimalla vikatilanteista ennen kuin ne tapahtuvat saadaan hyvä pohja vianmääritys prosessin suorittamiseen.

Lähteet

- 1 Finavia Oyj. 2023. Verkkoaineisto. <https://www.finavia.fi/> Luettu 19.6.2023.
- 2 Finavia Oyj. 2023 Finavian sisäinen verkkoaineisto. Luettu 30.6.2023.
- 3 BEUMER-CrisBag.pdf. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://www.beumer-group.com/app/uploads/2019/03/BEUMER-CrisBag.pdf>. Luettu 10.4.2024.
- 4 BEUMER-CrisBelt.pdf. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://www.beumer-group.com/app/uploads/2019/03/BEUMER-CrisBelt.pdf>. Luettu 10.4.2024.
- 5 Edoc. Ohjekirja. Vain yrityksen sisäiseen käyttöön. Luettu 1.4.2024.
- 6 LS-4000E-tilt-tray-sorter-for-airports.pdf. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://www.beumergroup.com/app/uploads/2020/01/LS-4000E-tilt-tray-sorter-for-airports.pdf>. Luettu 24.4.2024.
- 7 SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition. Verkkoaineisto. Saatavilla; <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-scada>. Luettu 10.4.2024.
- 8 Mitä on kunnossapito. Verkkoaineisto. Saatavilla: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_1-1_mita_on_kunnossapito.html Luettu 15.4.2024.
- 9 PSK 6201 Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2022 4. painos. PSK standardisointiyhdistys ry.
- 10 PSK 7501 Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2010 2. painos. PSK standardisointiyhdistys ry.

11 SFS-EN 13306 Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. 2017 2. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

12 Timo Lehtola, Juhana Litja. 2022. Miten toteuttaa onnistunut seisokki teollisuudessa. Verkkoaineisto. Saatavilla: <https://afry.com/fi-fi/artikkeli/teollisuuslaitoksen-seisokki-vuosihuolto-revisio>. Luettu 15.4.2024.

13 [Introduction to troubleshooting](https://www.ibm.com/docs/en/om-jvm/6.1.0?topic=support-introduction-troubleshooting). IBM. 2024. Verkkoaineisto. saatavilla: <https://www.ibm.com/docs/en/om-jvm/6.1.0?topic=support-introduction-troubleshooting>. Luettu 15.4.2024

14 Karl Kolmetz, TROUBLESHOOTING OF PROCESS EQUIPMENT AND SYSTEMS Kolmetz Handbook Of Process Equipment Design.2022. Verkkoaineisto. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/343291630_TROUBLESHOOTING_OF_PROCESS_EQUIPMENT_AND_SYSTEMS_Kolmetz_Handbook_Of_Process_Equipment_Design Luettu 3.4.2024.

15 [Munir Ahmad. Alarm and event Handling and processing in process control systems](https://control.com/technical-articles/event-and-alarm-handling-and-processing-in-process-control-system/). Verkkoaineisto. Saatavilla: <https://control.com/technical-articles/event-and-alarm-handling-and-processing-in-process-control-system/> Luettu. 5.4.2024.

16 Paul Kirvan. Power cycling. Verkkoaineisto. Saatavilla: <https://www.tech-target.com/searchdatacenter/definition/Power-cycling>. Luettu 20.4.2024.

17 The "Shotgun" Approach to Troubleshooting. PDF Supply. 2013. Verkkoaineisto. Saatavilla: <https://www.pdfsupply.com/blog/index.php/2013/10/23/the-shotgun-approach-to-troubleshooting/> Luettu 20.4.2024.

18 Vuokaavio kuva. 2024. verkkoaineisto. saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Vuokaavio>.

19 Frank lamb. Industrial Automation: Hands On. 2013. Luettu 5.4.2024.

20 Brendan Chapman, Soheil Ghoreyshi, Biomedical Instrument Troubleshooting. Verkkoaineisto. Saatavilla: <https://ecampusontario.press-books.pub/btec315biomedicalinstrumenttroubleshooting/chapter/chapter-3-troubleshooting/>. Luettu 20.4.2024.

21 Esther Han, Harvard Business School. Root cause analysis: what it is and how to perform one. Verkkoaineisto. Saatavilla. <https://online.hbs.edu/blog/post/root-cause-analysis>. Luettu 20.4.2024.

Huolto-ohje

Hälytys:

Clock pulse error TTS01/TTS02

Yleiset syyt:

-Kellopulsivalokennot lajittelijalla saavat virheellisen lukeman. Tämä voi johtua rikkinäisestä valokennosta, rikkinäisestä TCB kotelosta, Lajittelijalta roikkuvasta esineestä.

Vaikutus:

-Lajittelija pysähtyy täysin.

Toimenpiteet SCADA:

-Estä uusien laukkujen saapuminen lajittelijan IU:ille.

-Fallback komennot lajittelijan IU:iden PPA linjojen käännöille

(TTS01 PPA06/07/10) (TTS02 PPA05/08/09)

-Aseta DIA:t block asentoon.

(TTS01 DIA.08/13/ 83) (TTS02 DIA.09/13/84)

Yhteistyötahot:

Mikäli vianmäärityksessä ja korjauksessa arvioidaan kestävän yli 10min, ilmoitus Terminal Control.

Sijainti:

(Kuva) Lajittelijan MES päädyn LMS suojapaneelistä seuraava. (MERKITÄÄN JATKOSSA)

Sähkö ja ohjainkaapit:

TTS01-PPB01/TTS02-PPB02

Lajittelijan huoltotason alapuolella.

Työkalut ja varaosat:

-Saksinostin

-6 mm kuusiokoloavain suojapaneeliin.

-Peili

-Valokennojen kiinnitykseen M3x10 ruuvi Torx 10 päällä.

-Omron E3Z-R81 valokenno.

Tarkastettava:

-Tarkasta valokennojen toimivuus peilin avulla.

-Tarkasta valokennojen johtojen kiristys.

-Katso näkyykö irrallisia remmejä, roskia, tägejä tai jotain, joka voisi häiritä valokennoja.

-Tarkasta lajittelijan lautaset yläkautta (viallinen vaunu tai roikkuva esine voi olla yllättävän pitkällä hitaan jarrutuksen takia).

(HUOM! Jos edellä mainitut tarkastukset käyty läpi eikä korjattavaa, yritä käynnistää lajittelija ja aja huolto nopeudella kierros ympäri.)

-Tarkasta TCB kotelot vaunuissa alakautta.

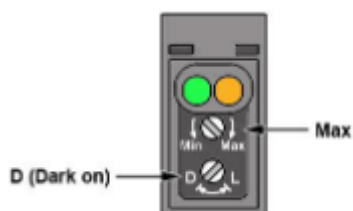
-Seuraa kellopulssi kennoja.

Korjaus ohjeet:

Vika lautasilla tai vaunuissa – Poista ylimääräiset esineet ja roskat, vaihda TCB-takalevy.

Vika valokennoissa/peilissä - Vaihda kenno tai peili uuteen.

(HUOM! Varmista valokennon säädöt. Kuva2)



Kuva 2. valokennon säädöt

Varmistavat toimenpiteet ja laitteiden testaus

-Käynnistä lajittelija.

-Jos lajittelija ei käynnisty, tai pysähtyy uudestaan.

-Tarkasta Sähkökaapista Q134 kytkin

- SCADA System Status ikkunasta: Soft Reset CMC/CSC komento.

-Tarkista ohjainkaapista SIMATIC s7-400 ohjain

-SIMATIC s7-400 ohjaimesta MRES (memory reset) kytkin pohjassa noin 10 sec. Kunnes oranssi stop valo jää palaamaan. Päästä kytkin. Oranssi stop valo välkky. Odota että oranssi stop valo jää palamaan (Muisti resetoitu) aseta kytkin RUN asentoon.

- Varmista että ohjaimessa ei virhe ilmoituksia.

-Kun lajittelija käynnistyy varmista scadalta että lajittelijan IATA-scannerit nousevat ylös, jos olivat sammuneet.

-Tarkkaile valokennoja vähintään yhden täyden lajittelijan kierroksen ajan.

-Korjaa mahdolliset IU-hälytykset.

dokumentointi