



**RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THE EFFICIENCY AND
FUNCTIONALITY OF AUTOMATION DIAGNOSTICS AT METSÄ FIBRE'S
LAPPEENRANTA SAWMILL**

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

Bachelor's Programme in Electrical Engineering, Bachelor's Thesis

2023

Tuomas Haaranen

Examiner: Associate professor Paula Immonen

Instructor: Simo Voutilainen (Metsä Fibre)

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Electrical Engineering

Tuomas Haaranen

Recommendations for improving the efficiency and functionality of automation diagnostics at Metsä Fibre's Lappeenranta sawmill

Bachelor's thesis

2023

24 pages, 3 figures, 2 tables and 6 appendices

Examiner: Associate professor Paula Immonen

Instructor: Simo Voutilainen (Metsä Fibre)

Keywords: Automation, Sawmill, Metsä Fibre, Metsä Group, PLC, Sensors

The sawmill industry plays a vital role in the manufacturing sector and the economy at large. In recent years, advancements in automation technologies have presented an opportunity to improve efficiency, productivity, and safety in the lumber processing industry. The goal of the study is to find ways of reducing downtime through more efficient automation diagnostics and other improvements, by first locating areas for improvement and then exploring the various ways in which automation diagnostics can be applied more efficiently at Metsä Fibre Lappeenranta sawmill and the potential benefits and challenges associated with these applications. The study employs a mixed-method approach, including a study of the sawmill in the form of work experience and an interview of sawmill engineers, operators, and electricians to gather insight and information. A traditional literature review is also provided in order to explain the basics of industrial automation systems required for a better understanding of the study. Utilizing the mixed method approach the study was able to discover multiple issue locations in the automation process and gather some insight on what could be causing the faults and also on how to possibly fix them. The study also brings forth ageing technology in need of updating and new ideas and tools on how to improve automation diagnosis.

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Sähkötekniikka

Tuomas Haaranen

Suositukset automaation diagnosoinnin tehokkuuden sekä toimivuuden parantamiseksi Metsä Fibre Lappeenrannan sahalla

Sähkötekniikan kandidaatintyö

2023

24 sivua, 3 kuvaa, 2 taulukkoa ja 6 liitettä

Tarkastaja: Tutkijaopettaja Paula Immonen

Ohjaaja: Simo Voutilainen (Metsä Fibre)

Avainsanat: Automaatio, Saha, Metsä Fibre, Metsä Group, PLC, Anturit

Sahateollisuudella on keskeinen rooli teollisuudessa ja taloudessa. Viime vuosina automaatioteknologian kehitys on tarjonnut mahdollisuuksia parantaa tehokkuutta, tuottavuutta ja turvallisuutta metsäteollisuudessa. Tutkimuksen päämääränä on löytää tapoja, joilla vähentää häiriöaikoja tehokkaamman diagnosoinnin sekä muiden parannuksien pohjalta ensin etsimällä parannettavia alueita ja sitten tutkimalla erilaisia tapoja, joilla automaation vikojen diagnosointia voitaisiin tehokkaammin soveltaa Metsä Fibre Lappeenrannan sahalla, sekä sen sovelluksiin liittyviä mahdollisia hyötyjä ja haasteita. Tutkimuksessa käytetään sekamenetelmää, joka sisältää sahan tutkimuksen työkokemuksen muodossa sekä sahan insinöörien, operaattoreiden ja sähköhenkilöiden haastattelun näkemyksen ja tiedon keräämiseksi. Tutkimus sisältää myös perinteisen kirjallisuuskatsauksen tarvittavien teollisuusautomaatiojärjestelmien perusteitten ja näin myös koko tutkimuksen ymmärtämiseen. Sekamenetelmää hyödyntäen tutkimuksessa pystyttiin löytämään useita automaatioprosessin ongelmakohtia sekä kerättyä tietoa siitä, mikä voisi olla vikojen aiheuttaja ja miten viat voitaisiin mahdollisesti korjata. Tutkimus tuo esille myös päivitystä kaipaavaa ikääntyvää teknologiaa ja uusia ideoita sekä työkalun automaatiodiagnoosin parantamiseksi.

ABBREVIATIONS

| | |
|----------|--|
| AI | Artificial Intelligence |
| IoT | Internet of Things |
| PLC | Programmable Logic Controller |
| CPU | Central Processing Unit |
| I/O | Input/Output |
| GUI | Graphical User Interface |
| SCADA | Supervisory Control and Data Acquisition |
| HMI | Human-Machine Interface |
| FBD | Function Block Diagram |
| STL | Statement List |
| RTU | Remote Terminal Unit |
| PIR | Passive InfraRed |
| Profibus | Process Fieldbus |
| Profinet | Process Field Network |
| RLO | Result of Logic Operation |
| ST | Structured Text |
| TIA | Totally Integrated Automation |
| GMR | Giant Magnetoresistive |
| TMR | Tunnel Magnetoresistive |
| AMR | Anisotropic Magnetoresistive |
| SMR | Semiconductor Magnetoresistive |
| Mbps | Megabits Per Second |
| DP | Decentralised Peripherals |

| | |
|-----|----------------------------------|
| PA | Process Automation |
| TCP | Transmission Control Protocol |
| IP | Internet Protocol |
| IRT | Isochronous Real-Time |
| RT | Real Time |
| MES | Manufacturing Execution System |
| ERP | Enterprise Resource Planning |
| CRM | Customer Relationship Management |

Table of contents

Abstract

Abbreviations

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduction | 7 |
| 1.1 | Background on the Employer..... | 8 |
| 1.2 | Research Objectives and Importance | 8 |
| 2 | Literature Review | 10 |
| 2.1 | Programmable Logic Controllers (PLCs) | 10 |
| 2.1.1 | Siemens PLCs | 11 |
| 2.2 | PLC Programming | 12 |
| 2.2.1 | Function block diagram (FBD)..... | 12 |
| 2.2.2 | Statement list (STL)..... | 13 |
| 2.3 | Profinet and Profibus..... | 14 |
| 2.4 | Simatic Manager | 15 |
| 2.5 | Human-Machine Interface (HMI) | 16 |
| 2.6 | WinCC..... | 16 |
| 2.7 | Manufacturing Execution System (MES) | 17 |
| 2.8 | Sensor overview | 17 |
| 2.8.1 | Electro-optical Sensors | 18 |
| 2.8.2 | Electromagnetic Sensors..... | 19 |
| 3 | Methods | 22 |
| 3.1 | Laddered Research of the Sawmill | 22 |
| 3.2 | Interviews..... | 23 |
| 4 | Results | 25 |
| 4.1 | Discovered Faults..... | 25 |
| 4.2 | Ageing PLC Technology..... | 27 |
| 5 | Discussion..... | 30 |
| 5.1 | Recommended Improvements..... | 30 |
| 5.2 | Cost-Effectiveness and Applicability..... | 31 |
| 5.1 | Further research..... | 31 |
| | References..... | 32 |
| | Appendices | |

1 Introduction

Sawmill automation refers to the use of technology and machinery to automate the process of sawing and processing wood in a sawmill, with the goal of improving efficiency, accuracy, quality, and safety. To achieve this goal, a various type of sensors, computer systems, and robotics are required to work in perfect harmony in order to monitor and control the cutting process, as well as to sort and transport the finished lumber.

Sawmill automation has a long history, dating back to the Industrial Revolution in the 18th and 19th centuries. In the early days, sawmills were powered by water wheels or steam engines, and early forms of automation included mechanical log carriages and sawblades that could be adjusted automatically. In the 20th century, the development of electric motors and hydraulics led to more sophisticated automation, such as computerized optimization and control systems that can adjust the speed and positioning of sawblades with a millimetre precision. Today, modern sawmills use a wide range of automation technologies, including robotics, artificial intelligence (AI), and internet of things (IoT) sensors to optimize operations, reduce waste, and increase efficiency.

In order to get the most out of modern technology's benefits and improve a sawmill's efficiency through automation the following general strategies are required in case specific applications.

1. Automating repetitive and manual tasks. This can reduce the amount of time and effort required to perform these tasks and help to reduce errors, waste, and possible operator health issues.
2. Investing in modern technology. Upgrading to newer equipment and technology can help to increase efficiency and productivity, reduce downtime, and improve safety.
3. Using real-time data and analytics. Collecting and analyzing data on performance and operations can help to identify areas for improvement and optimize production.
4. Optimizing workflow. Analyzing the flow of materials and products through the sawmill, identifying bottlenecks and inefficiencies, and then making the according changes to improve the process.

5. Implementing lean manufacturing principles. This involves minimizing waste, reducing inventory, and continuously improving processes to increase efficiency.

Since automation so heavily affects a sawmill's productivity, waste and worker safety, its benefits are immense, and cannot be ignored if a sawmill wants to be in any way competitive in a modern business environment, making the research of bettering automation efficiency and functionality in all ways largely important.

1.1 Background on the Employer

Metsä Fibre is a Finnish timber, pulp and paper company that produces and sells pulp, sawn timber, and biochemicals. It is a subsidiary of Metsä Group, a global forest industry company based in Finland focused on renewable raw materials and recyclable products. It operates 4 pulp mills and 5 sawmills in Finland and employs over 1,600 people (Metsä Group 2023). Its products are used in a wide range of industries, including construction and the production of packaging, textiles, and hygiene products.

This study will focus on Metsä Fibre sawmill in Lappeenranta, Finland, which produces sawn timber products for various applications, such as construction, joinery, and packaging. The sawmill is one of the largest in the country, with an annual production capacity of over 250,000 cubic meters of sawn timber (Metsä Group 2023). It also has a modern production line and uses advanced technology to optimize the sawing process and increase efficiency. The sawmill provides direct employment opportunities for over 65 people in the region (Metsä Group 2023).

1.2 Research Objectives and Importance

This study's objective is to come up with ways to reduce downtime at Metsä Fibre Lappeenranta sawmill by starting with locating the most downtime causing current faults and investigating their possible causes and ways of fixing them. Then using the information gathered to research and come up with more efficient and functional ways of diagnosis and locating of production's automation faults and stoppages, and planning out tools that would make the task easier for the sawmill operators and electricians in the future faults that will occur. By accomplishing this objective, we can in conjunction with other research and improvements help to increase the sawmill's overall efficiency and production which can

contribute to preserving more jobs in Lappeenranta by slightly increasing the economic viability of the localized production through decreasing lost profits and the necessary additional week-end timed operator hours and wages that are in place to make up for the lost production time.

Reducing power consumption and its costs are also a benefit of improved diagnostics functionality, since as stated before less overall run time is needed to meet the production goals and also keep the customer's orders in schedule. Maintaining the customer's schedules can also affect the quality of the end product since with the planned optimal run time and minimized downtime a sufficient amount of production can be maintained with higher quality since more of the lesser quality product can be utilized in more appropriate ways such as in woodchips. So, whenever a lot of downtime is encountered, a sawmill might have to rethink the balance of what is most important for each specific order and customer, be it quality or maintaining the schedule. This can add more stress on customer relations and all these factors again contribute back to the economic viability of the production through customer retention.

In order to start utilizing all of the benefits stated before, research on sawmill automation safety is also necessary for protecting the well-being of workers, reducing the risk of accidents and minimizing the potential for repetitive strain injuries. So, researching and implementing proper automation safety protocols and procedures is also required to enable the industry to reap the benefits of more efficient automation diagnostics while also ensuring the safety of its workers.

2 Literature Review

This chapter will focus on explaining the technical background of some of the different components and software of the automation system at Metsä Fibre Lappeenranta sawmill, that is required in order to understand the study's results, discussion and also other good to know industrial automation basics through a traditional literature review.

2.1 Programmable Logic Controllers (PLCs)

PLCs are an industrial computer used to help automate and control industrial processes and machinery (Bolton 2015). They were first introduced in the late 1960s to replace hardwired relay-based control systems, which were prone to reliability issues and were difficult to modify or update (Shah 2022).

A PLC typically consists of six main components: a central processing unit (CPU), input/output (I/O) modules, memory, a programming interface, and the power supply (Bolton 2015).

1. The CPU is the brain of the PLC and is responsible for controlling the overall operation of the system. It reads input signals from sensors and switches, processes the data using the program stored in its memory, and then sends output signals to control actuators such as motors, valves, and solenoids (Hanssen 2015).
2. The I/O modules are used to connect the PLC to the physical world. They provide the means for the CPU to read input signals from sensors and switches and to send output signals to control actuators (Bolton 2015).
3. The memory in a PLC is used to store a program that controls the operation of the system. The program is typically created using a specialized programming language or graphical user interface (GUI). The program is either stored in non-volatile memory, which means it is retained even when the PLC is turned off or the PLC has battery preventing the loss of the memory in the case of a power outage (Hanssen 2015).

4. The programming interface is used to create, modify, and download a program to the PLC. There are several programming languages that can be used to program a PLC, including function block diagrams and statement lists (Bolton 2015)
5. Power supply is needed to transform the available (often mains) voltage (100-240V AC) to the PLC's operating voltage that is usually 24V or 5V DC (Hanssen 2015).
6. Communications interface is needed to transmit and receive data in communication networks to or from other PLCs in device verification, data acquisition, synchronization between user applications, and connection management applications (Bolton 2015).

A large advantage of using PLCs is that they provide greater flexibility, modularity, scalability, and can also be easily reprogrammed/updated to accommodate changes in production requirements (Bolton 2015). PLCs provide greater reliability and uptime compared to traditional relay-based control systems, since they are less prone to wear and can be easily diagnosed and repaired (Hugh 2008). And in credit to their multiple advantages, PLCs have become the industry standard in the automation needs of multiple fields around the world (Hugh 2008).

2.1.1 Siemens PLCs

Siemens is the most commonly used brand of PLCs in sawmill automation and the only brand used at Metsä Fibre Lappeenranta sawmill as they provide a reliable and efficient way of controlling the machinery and various processes (Siemens 2022). One of the key benefits of using Siemens PLCs in sawmill automation is that they can easily be programmed to handle complex operations and integrated with other automation technologies, such as sensors, human-machine interfaces (HMI) and supervisory control and data acquisition systems (SCADA), to provide real-time data on machine performance, production rates, optimize operations, improve maintenance schedules, and reduce downtime (Siemens 2016a).

S5 is a series PLC produced by Siemens introduced in 1979 that were widely used in industrial automation applications (Armenta 2022). However, due to their limitations in terms of processing power and memory, they are becoming increasingly obsolete and are being replaced by more advanced PLCs, such as the S7 series (introduced in 1994) that is

known for its flexibility, reliability, and ease of use which has become one of the most widely used PLCs in the world (Armenta 2022). The S7 series offers a wide range of models with different processing power, memory, and I/O capabilities to suit various industrial automation needs (Siemens 2016a). The S7 series offers many advanced features, such as integrated safety functions, diagnostic capabilities and support for various programming languages and communication protocols, making it compatible with a wide range of devices and systems (Siemens 2016a).

2.2 PLC Programming

PLC programming is a complex and critical aspect of automation that requires specialized knowledge and skills and usually the first thing to consider in PLC programming is the choice of language such as function block diagrams, statement lists and ladder logic that are a few of the most commonly used automation programming languages around the world (Enoiu 2015). Each language has strengths and weaknesses, and the choice of language will depend on the specific requirements of the application. For example, ladder logic is often used for simple control tasks due to it being easy to understand and follow, while structured text is more suited for complex mathematical operations (Dixon 2018). Successfully programming the PLC requires a thorough understanding of the equipment and process being controlled. This of course includes the PLC-system's components but also the signals and sensors used to detect and measure inputs, the actuators controlled by the outputs and the communication protocols used to transfer data between the PLC and other devices in the system such as Profibus and Profinet (Phillips 2020). In the design of the program good coding practices should also be kept in mind as a well-designed program will be easy to understand, maintain, and modify over time, which can be made easier through standardized coding conventions, modular programming techniques, and clear and concise commenting of the code (Siemens 2006a).

2.2.1 Function block diagram (FBD)

FBD is a type of graphical programming language used to design PLC control system, which is based on the concept of logic functions that are represented by graphical blocks that perform specific operations and are connected to form a diagram, which then again represents the logical flow of the control system (Bolton 2015). The FBD diagram consists

of graphical elements such as blocks, wires, and terminals, which represent input/output points, control logic, and signals, these blocks are connected to function blocks, which perform mathematical, logical, or other operations on the input signals (Faarup 2018). One of the advantages of FBD programming is that it allows for the visualization and design of complex control systems in a graphical and intuitive way as FBDs can be easily understood and modified by engineers and technicians, which makes them an effective tool for troubleshooting and maintenance of control systems (Faarup 2018).

There are various types of function blocks used in FBD programming, including arithmetic blocks such as adders and multipliers, logical blocks such as AND and OR gates, and comparison blocks such as comparators and limit switches that can be combined to create more complex operations, such as timers and counters, which are used to control time-based events or count events (Siemens 2006b). FBDs also includes branch and merge blocks, which allow the program to split or combine signals, control blocks such as loops and conditional statements, which control the flow of the program and also the ability to create custom function blocks suited to the required process's needs (Siemens 2006b; Siemens 2006c).

2.2.2 Statement list (STL)

Statement List is a sequentially executed highly efficient and fast low-level programming language specifically designed for programming industrial PLCs making it an ideal language for real-time control applications (Yahia 2022). STL is based on Boolean logic, which is the foundation of all digital logic systems and so it allows the creation of complex instructions by combining simple logic operations such as A (AND), O (OR), NOT (negate RLO), and X (XOR) (Siemens 2006d). The syntax of an STL instruction consists of an operator and operands in which the operator specifies the operation to be performed, and the operands are the inputs to the operation (Siemens 2006d). The language provides a set of pre-defined instructions that can be used in STL programs, including instructions for arithmetic, logic comparison, data operations, and also branching instructions e.g., JC (jump if RLO=1) and JCN (jump if RLO=0), which allow the program to jump to a different section of code based on a condition (Siemens 2006d).

2.3 Profinet and Profibus

Profibus is a standardized communication protocol developed in the 1990s and used in industrial applications (PI 2016). Profibus is a serial communication protocol that is used for connecting devices in automation systems and it uses a master/slave communication model, where a master device controls the communication with one or more slave devices (ISA 2012). Profibus is designed to provide high-speed data communication between devices in automation systems. It can transfer data at rates of only 12 Mbps at max 100m distances, and the speed quickly drops off if the distance is any longer (Contrologica 2019). Profibus can also support a variety of network topologies such as star, tree, and line (Siemens 2009). There are different types of Profibus protocols that are used for specific applications, for example, Profibus DP (Decentralized Periphery) is used in factory automation, Profibus PA (Process Automation) is used in process automation and Profibus FMS (Fieldbus Message Specification) is used in complex communication applications (Siemens 2009; ISA 2012). Profibus DP is designed for communication between automation systems and devices such as sensors, actuators, and drives and it provides a high data transfer rate and is widely used in automation systems where high data transmission rates are required (Siemens 2009). Profibus DP uses a cyclic communication model, where data is exchanged between the master device and the slave devices at predefined intervals (Siemens 2009). Profibus PA is designed for use in process automation systems and is used for communication between process control systems and field devices such as transmitters, valves, and analyzers (ISA 2012). Profibus PA is designed to provide intrinsically safe communication in hazardous environments, and it uses a non-cyclic communication model, where data is exchanged only when needed (PI 2016).

Profinet is a newer standardized Ethernet-based communication protocol introduced in the early 2000s that is used in industrial applications (PI 2014). Profinet is based on the Ethernet standard and uses the TCP/IP protocol stack for communication and provides high-speed data and real-time communication which are essential for certain types of automation systems such as motion control and robotics (Siemens 2012). It uses a client/server communication model, where client devices request data from server devices and also supports both point-to-point and multipoint communication and can be used in a variety of network topologies such as star, ring, line, and tree (Siemens 2012). Profinet supports

different modes of real-time communication such as isochronous real-time (IRT) and real-time (RT) communication (Siemens 2012). Profinet is also designed to be highly flexible in terms of device types and network topologies and can so communicate with various types of devices such as sensors, actuators, and drives (Siemens 2012).

2.4 Simatic Manager

Simatic Manager is a STEP 7 software platform included in a software package called TIA Portal developed by Siemens for programming and managing Siemens PLCs, and it provides a wide range of tools and features for automation engineers in order to develop, configure, maintain, monitor and debug industrial automation systems (Jones 2006). Simatic Manager comes equipped with an intuitive interface and a unified programming environment for S7-300 and S7-400 PLCs (Jones 2006). The platform supports IEC 61131-3, the international standard for PLC programming languages and supports many different programming languages, including ladder logic, FBD, STL, and structured text (ST) with included libraries of pre-configured function blocks and modules, which help users to speed up the development process and reduce errors (Siemens 2006a). Simatic Manger offers many benefits for engineers in the coding process such as a built-in editor for programming, support for syntax highlighting, auto-completion, code folding and also many debugging tools including step-by-step execution, breakpoint management, watch windows, and diagnostics that help users identify and fix issues in their programs (Jones 2006).

Additionally, the platform includes a simulator that allows users to simulate and test their programs before deploying them in the field (Inst Tools 2023) and support for MPI, PROFIBUS, PROFINET, and Ethernet/IP communication protocols with built-in tools for configuring and testing the communication between the PLCs and other devices (Jones 2006). Simatic Manager's tools can also be used for creating and managing visualizations, alarms, and events, which enable users to monitor and control their automation systems effectively, and for the integration of other Siemens automation components, such as HMIs, drives, and other devices, through the use of open communication protocols and libraries (Jones 2006).

2.5 Human-Machine Interface (HMI)

The primary purpose of an HMI system is to facilitate the interaction between a human operator and a machine or system usually through physical controls or a designed GUI that use images, icons, and other graphical elements to convey information to the operator through control panels and dashboard displays, making it possible to monitor and control even complex processes and equipment (Thomas 2017). The design of an HMI system can significantly impact the user experience and effectiveness of the system, and when properly designed the system should be intuitive, easy to use, and it should provide operators with the information they need to make decisions quickly and accurately (Thomas 2017). For example, touch panels are a type of HMI system that enables users to interact directly with a digital display using their fingers or a stylus and can be used in industrial environments where more conventional types of inputs are not feasible, but interaction between the operators and the system is still needed (Automation Direct 2023). When integrated with other technologies HMI systems can provide a bigger picture graphical representation of a process, including a 3D model of the layout, production flow, and equipment status in order to help operators understand the overall process, identify areas for improvement and also assist in troubleshooting by providing diagnostic information, such as error messages, sensor readings, and other data in order to help operators quickly identify the issue and take corrective actions for example in the case of an equipment malfunction. (Automation Direct 2023).

2.6 WinCC

WinCC is an easily scalable and flexible visualization system developed by Siemens that is also integrated into TIA Portal for HMI and SCADA applications suitable for both small and large-scale projects in industrial automation (Joki-Hollanti 2021). It is designed to monitor and control industrial processes in real-time and provide a highly customizable graphical user interface allowing users to create unique HMI designs and SCADA applications for the operators (Joki-Hollanti 2021). One of the key features of WinCC is its ability to communicate with a wide range of industrial devices and protocols, allowing for seamless integration with different systems and equipment (Siemens 2018). WinCC also provides data logging and analysis capabilities enabling the users to collect, store, and analyze data from

industrial processes in order to identify trends, detect anomalies, and optimize plant performance (Siemens 2018). The software also supports the generation of reports based on this data, which can be used for performance evaluation, decision-making, and compliance purposes (Siemens 2018). Another important feature of WinCC are its security capabilities that provide secure access control data encryption, secure communication protocols to protect data integrity and confidentiality, and user authentication to ensure that only authorized personnel can access the system (Joki-Hollanti 2021).

2.7 Manufacturing Execution System (MES)

MES-software is typically used in manufacturing environment to improve and monitor production efficiency, reduce waste, enhance product quality, and to easily integrate various types of production equipment, such as machines, robots, sensors, and human operators with the system for quantifiable monitoring (SAP 2023). It achieves this by collecting and analyzing data from various predetermined sources in real-time such as information on machine performance, process parameters, and quality control which can then be used to identify areas of improvement, optimize production efficiency, and reduce waste thus providing crucial insight about the production process (SAP 2023). Other important features of MES are scheduling of operations, resource allocation, maintenance management, quality control, product tracking and also providing real-time alerts and notifications to operators when issues arise, enabling them to take immediate action to resolve them (SAP 2023). MES is also often integrated with other systems, such as Enterprise Resource Planning (ERP) and Customer Relationship Management (CRM), to provide a comprehensive view of the entire process, which enables manufacturers to make data-driven decisions and respond quickly to changes in the market or customer demand (SAP 2023).

2.8 Sensor overview

This section covers information about the most commonly used sensors and some of the principal technologies on how they convert the physical parameters into electrical signals that can then be processed by an industrial control system for controlling and monitoring the industrial process.

2.8.1 Electro-optical Sensors

Electro-optical sensors work by converting infrared, visible, or ultraviolet light or changes in these types of light into electrical signals that can be processed by a control system, which then triggers a programmed response based on the sensor's reading (Thomasnet 2023).

Photoelectric sensors utilize infrared and red visible light (ATO 2022) commonly to detect the presence or absence of objects (Thomasnet 2023). Photoelectric sensor's utilize three different main technologies and can thus be categorized further into: diffuse sensors that use a single unit that both emits and receives light, making them suitable for detecting the presence of objects at short distances, retro-reflective sensors that use a separate reflector to bounce the light back to the sensor, allowing them to detect objects at longer distances, and through-beam sensors that use separate emitter and receiver units, providing the greatest detection range of all the photoelectric sensors. (Thomasnet 2023). Laser sensors are also a type of photoelectric sensor that uses a laser diode to emit a focused beam of light onto an object, the light is then reflected back to the sensor and measured to determine the distance, thickness, position, speed, or surface characteristics of the object and when used in conjunction with vision and imaging sensors can be a powerful tool in order to create 3D scans and images of the product (Thomasnet 2023; The Instrument Guru 2022).

The vision and imaging sensors mentioned before are another commonly used type of advanced electro-optical sensors that utilize cameras, other sensors, and image processing algorithms in order to capture and analyze images and other visual data (Thomasnet 2023). These sensors can recognize and differentiate between colors, patterns, and shapes, making them ideal for quality control and inspection applications, and so they can also be programmed to detect specific defects, such as cracks or deformities, and can then alert the operator if a defect is detected (Thomasnet 2023). One of the advantages of vision and imaging sensors is that they can capture a wide range of data quickly and accurately e.g., thousands of images per second, allowing manufacturers to monitor the manufacturing process and the movement of the products through the process in real-time (Global Spec 2023).

Lastly Infrared sensors are a type of electro-optical sensor that are used particularly for monitoring temperature, and presence and motion detection by emitting and sensing infrared radiation, which is emitted by all objects with a temperature above absolute zero (KISI

2023). There are two main types of infrared sensors each with their own applications (KISI 2023). Passive infrared sensors (PIR) detect changes in the infrared radiation emitted by objects in their field of view and are commonly used in motion detection systems, such as automatic doors or lighting systems (KISI 2023). And active infrared sensors that both emit and receive infrared radiation that hits the objects nearby and bounces back to the receiver of the device (KISI 2023). And due to this the active infrared sensors can not only detect movement in an environment but also how far the object is from the device (KISI 2023).

2.8.2 Electromagnetic Sensors

Electromagnetic automation sensors detect and measure various physical quantities, such as temperature, pressure, displacement, and proximity by sensing changes in the magnetic or electric fields that occur when specific physical objects are present or when there are changes in various environmental properties (Moermond 2023; Bolton 2015).

Inductive sensors are most commonly used for proximity sensing and work by creating a constant alternating magnetic field and sensing the eddy currents induced when a metallic object is brought into the sensing range of the sensor (Bolton 2015). These eddy currents in turn generate a magnetic field that opposes the original magnetic field generated by the sensor and the resulting changes in the magnetic field are detected by the sensor, which then sends a signal indicating the presence or absence of the object (Bolton 2015). Inductive sensors are capable of detecting the presence of a wide range of metallic objects, including ferromagnetic and non-ferromagnetic metals (SICK 2022). Ferromagnetic metals, such as iron, nickel, and cobalt, are strongly attracted to magnetic fields and are easily detected by inductive sensors. Non-ferromagnetic metals, such as aluminium, copper, and brass, are not attracted to magnetic fields but can still be detected by inductive sensors due to their conductivity (SICK 2022).

Capacitive sensors work by detecting changes in capacitances between two conductive surfaces, one of the surfaces is the sensing electrode and the other being the metal object for which the proximity is to be detected, so when an object enters the sensing area, it changes the distance between the two electrodes, which alters the capacitance (Bolton 2015). Capacitive sensors can also sense non-metallic objects since the capacitance depends on also

the dielectric between the surfaces (Bolton 2015). In the case of a non-metallic object the capacitive surfaces would be the sensing electrode and the earth/ the reference surface of sensor, and the non-metallic object for which the proximity is to be detected is the dielectric that affects the reference capacitance and can thus be detected (Bolton 2015). These sensors are particularly useful for detecting materials that are not easily detected by other sensors, such as liquids, powders, and granular materials and the absence of materials, as well as changes in their level or density (Moermond 2023). Capacitive sensors are also highly sensitive and can detect very small changes in capacitance. However, they can be affected by changes in temperature and humidity, which can cause false readings or decrease their accuracy over time and in order to address these issues, some capacitive sensors include features such as self-calibration or temperature compensation (Moermond 2023).

Hall-effect sensors work due to the Hall-effect which is the production of a voltage difference across an electrical conductor when a magnetic field is applied perpendicular to the direction of the current flowing through the sensor, and that voltage difference can then be measured and used to determine the presence or absence of the magnetic (RS components 2023). Hall-effect sensors consist of a thin slab of semiconductor material, such as silicon or gallium arsenide which are doped with impurities to create a current-carrying layer with a small strip of metal on its surface connected to a voltage source (Electronics Tutorials 2023). There are two types of Hall-effect sensors: linear Hall-effect sensors provide an output voltage proportional to the strength of the magnetic field, while digital Hall-effect sensors provide a binary output signal (1/0) depending on the presence or absence of the magnetic field (RS components 2023). In industrial automation applications, Hall-effect sensors are used to measure the position, speed, and direction of movement of objects such as motors, gears, and conveyor belts (Fierce Electronics 2019). For example, in a position sensing application, the Hall-effect sensor is mounted near a rotating component, such as a shaft or gear and as the component rotates, the magnetic field produced by the poles on the rotating component is detected by the sensor, which produces an output voltage proportional to the position of the component, and in a speed sensing application, the output frequency of the sensor is proportional to the speed of the rotating component and by measuring the frequency of the output signal the rotational speed of the component can be determined (RS components 2023). Hall-effect sensors can also be used to measure the current flowing through a wire or conductor by placing the sensor near the conductor, the magnetic field

produced by the current can be detected, allowing the current to be measured indirectly (Gupta 2019).

Magnetoresistive work by measuring the resistance of a thin film or wire as a magnetic field is applied to it, the resistance of the film or wire changes in response to the magnetic field, allowing the sensor to detect the presence or absence of a magnetic field or changes in its strength or orientation (TE Connectivity 2023). There are four types of magnetoresistive sensors, including anisotropic magnetoresistive (AMR) sensors, giant magnetoresistive (GMR) sensors, semiconductor magnetoresistive (SMR) and tunnel magnetoresistive (TMR) sensors with each type of sensor having different characteristics, including sensitivity, response time, and power consumption (Smlease 2023). In industrial automation applications, magnetoresistive sensors are often used for position sensing, motion control, and speed monitoring (Hou, C.; Qian, Z, 2011). For example, in a rotary position sensing application, a magnetoresistive sensor can be mounted near a rotating shaft and detect the presence or absence of a magnetic field on the shaft to determine its position and similarly, in a hydraulic valve control system, magnetoresistive sensors can be used to monitor the position of the valve and adjust its position as needed (Hou, C.; Qian, Z, 2011). Magnetoresistive sensors have also many benefits when utilized in nondestructive evaluation (Jander; Smith; Schneider 2005).

3 Methods

This chapter focuses on the methods used in the study's mixed method approach in order to first locate downtime causing faults and investigating their possible causes and ways of fixing them. Then using the information gathered to research and come up with more efficient and functional ways of diagnosis and locating of production's automation faults and stoppages, and planning out tools that would make the task easier for the sawmill operators and electricians in the future at the Metsä Fibre Lappeenranta sawmill. A traditional literature review is also utilized in the study to better explain the necessary basics of industrial automation and its main components.

3.1 Laddered Research of the Sawmill

The research was conducted throughout the study, and my personal work experience in the sawmill. And it was completed in the following laddered steps corresponding to the research problems and questions, all of which were required in order for the study to proceed forward onto the next step.

1. How to locate and investigate new faults in the automation system, so that information can be gathered for the next steps of the study.
2. How to gather and choose what kind of information to gather from the located faults and issues so that it could be utilized later in the research process.
3. How to interpret and analyze the gathered information so that it can be utilized correctly in the planning of the improvements.
4. How to apply all the gathered information in order to plan out a tool and other improvements fitting to the functionality of the sawmill, while also listening to the preferences of the operators and electricians.
5. And finally, how to combine all the results gathered through the different methods of the study, in order to achieve the study's goal of reducing downtime.

3.2 Interviews

For the ease of the interview process, the interviews were held in Finnish. The interviewees consisted of two automation engineers, two operators and two electrical maintenance personnel, five of which are employees of Metsä Fibre, and one is a contractor often working at the Lappeenranta sawmill. The interviews provided many hours of recorded material so only summarized transcriptions of the interviews are provided as appendices. During the interviews a lot of important information was gathered both within, and out of the scope of the following main interview questions:

1. What steps do you take to upkeep and improve the automation efficiency and how could those steps be made easier for you? (Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?)
2. Can you point out any common faults or bottlenecks in the automation process? (Pystytkö tuomaan esiin yleisiä vikoja tai ongelmakohtia automaatioprosessissa?)
3. Can you describe a method you have instructed to (other) operators on how to use the automation system more efficiently? (Pystytkö kuvailemaan menetelmää, jonka olet ohjeistanut (muille) operaattoreille automaatiojärjestelmän tehokkaampaan käyttöön?)
4. How do you balance the need for efficiency with safety and quality control? (Miten tasapainostat tehokkuuden tarpeen turvallisuuden sekä laadun ylläpitämisen kanssa?)
5. Can you give an example of a solution you came up with to improve automation efficiency? What was the solution and what was the outcome? (Pystytkö antamaan esimerkin ratkaisusta, jonka keksit parantaaksesi automaation toimivuutta tai tehokkuutta? Mitä teit ja mikä oli vaikutus?)
6. Do you communicate with other departments such as maintenance to ensure the proper needed upkeep of the automation system? (Kommunikoitko muiden osastojen, kuten esim. huolto-osaston kanssa varmistaaksesi automaatiojärjestelmä toimivuuden?)

7. Can you tell me about some other time when you succeeded in improving automation efficiency? (Voitko kertoa jostain muusta kerrasta, jolloin onnistuit parantamaan automaation tehokkuutta tai toimivuutta?)

4 Results

This chapter presents the study's acquired results, consisting of the discovered faults and issues, ageing automation technology in need of modernization and possible causes and fixes for the discovered faults.

4.1 Discovered Faults

New automation faults discovered through the mixed method approach were:

1. Log feeder that supplies log conveyer one

The feeder at times feeds logs too fast causing collision and side-by-side logs on the conveyer right after it leading to blockages. The problem has two causes, first one being the log sometimes slipping over the feeder and another being improper feeder timing in the automation system most likely caused by sensors or programming issues.

2. The saw line's ladder conveyer from debarking line two

The conveyer does not have enough space for logs, nor can its mechanics handle the required speed to sufficiently supply the saw line. Step feeder within the ladder conveyer at times do not "kick" especially on larger logs which causes collisions and thus blockages. After clearing the blockage and restarting the process it is also possible that the debarking line will drive a new log on to the conveyer before it starting, causing another collision and blockage which is most likely caused by incorrect logic program sequencing after restart. The correct sequence would be to first start the step conveyer then debarking and lastly the feeder for driving the log coming from the debarking line to the ladder conveyer. The problem usually becomes more common when the driven log type changes to a larger one.

3. And the log adjuster before chipper one

The log adjuster which centers the logs on to the chain conveyer going into chipper 1 is at times improperly centering the logs that can cause them to get stuck in the chipper 1, which can lead to a severe equipment breakdown. It has been proven that the problem is way more likely to happen when logs are driven in to with only a small gap in between as they should be driven in order to maximize efficiency. The problem is inconsistent and is suspected to

be caused by the centering wheels' programming making them open at wrong times or the sensors malfunctioning causing the same outcome.

For the fault location in the process see figure 1 below. In the figure blue arrows represent the process flow of logs and green arrows represent planks and boards that get sent to the edging saws and dimensioning after the main sawing process. The black squares represent key points in the process and the red squares the issue locations found.

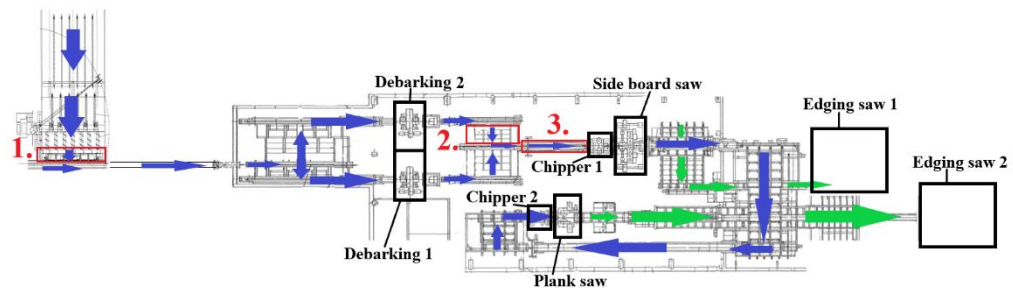


Figure 1: Generalized sketch of the sawing process (Hämäläinen 2023).

In order to better understand the process and figure 1, below in figure 2 are a few possible ways of cutting the logs depending on their size in the Nordic sawing practice that is used at Metsä Fibre Lappeenranta sawmill.

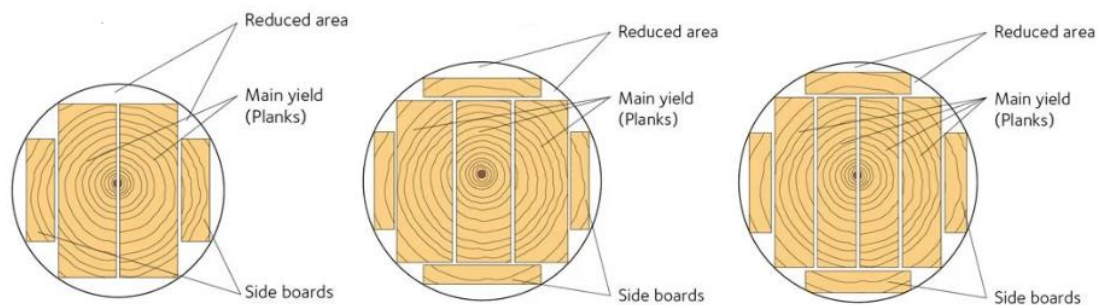


Figure 2: Examples of the Nordic sawing practice (Swedish Wood 2023).

The figure 2's reduced area is processed in debarking and in the chippers, first two opposite sides are flattened at chipper 1, after that the first set of side boards are sawn which make their way to the edging saws and the balk is then flipped 90° as it proceeds further to the chipper 2 where the two remaining sides are flattened and finally after that the planks and the other set of side boards are sawn. This set of side boards also goes to the edging saws, but the planks continue straight to dimensioning, which is the next step of the entire process.

4.2 Ageing PLC Technology

All of the PLCs currently deployed at the Metsä Fibre Lappeenranta sawmill are produced by Siemens and a large portion of them are either discontinued or at the end of their life (Siemens 2022). Below in figure 1 is a pie-chart representing all of the PLCs including the ones that require no measures at the moment of this study.

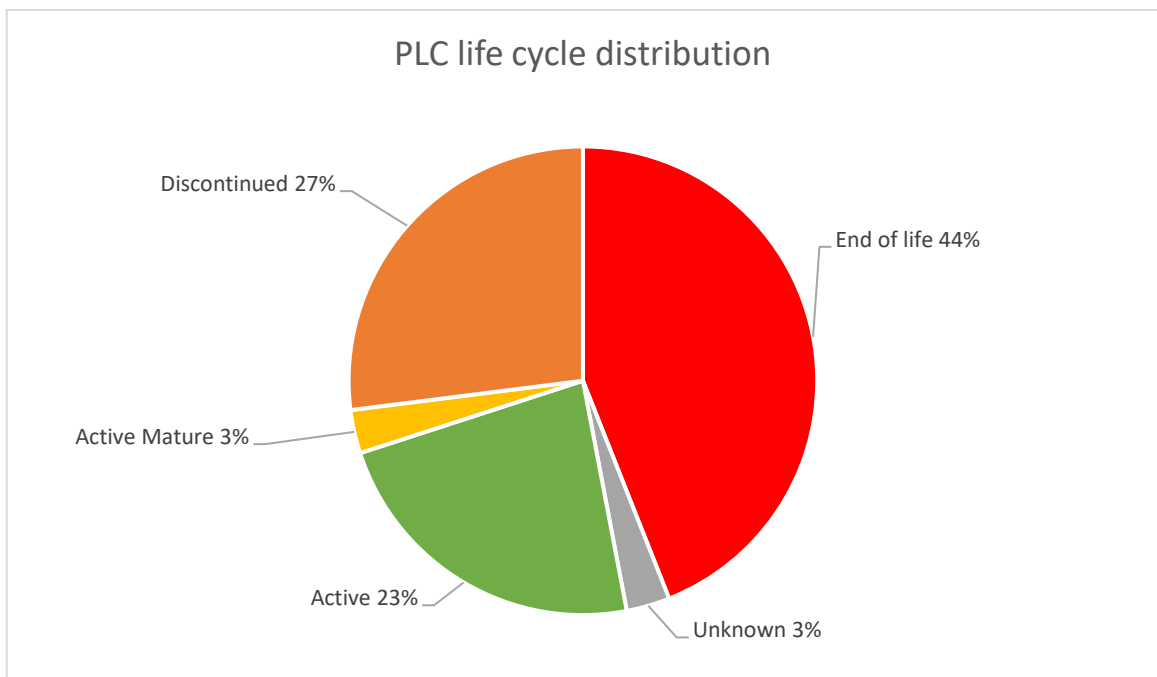


Figure 3: PLC life cycle distribution at Metsä Fibre Lappeenranta Sawmill (Siemens 2022).

The table 1 below represents old Siemens logic still in use that's support has already ended, and immediate modernization is recommended.

Table 1: Old Siemens logic still in use. (Siemens 2022).

| Location: | Logic: |
|--|---------------------------------------|
| Dust filter Input S305D 07C1 | Simatic S7-200 logic and S7 TD200 HMI |
| Electrical centers S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Hood binding machine | Simatic S7-200 logic |

| | |
|---|------------------|
| Electrical center, Chamber dryer, Switchboard MK-1, Switchboard SK-1, RK-IV supply S207 49.3 | Siemens LOGO! |
| Electrical center, Chamber dryer, Switchboard MK-1, Switchboard SK-1, Arrangement tracks KK5 | Simatic S5 logic |
| Electrical center, Chamber dryer, Switchboard MK-1, Switchboard SK-1, Arrangement tracks KK3 | Simatic S5 logic |
| Electrical center, Chamber dryer, Switchboard MK-1, Switchboard SK-1, Splitting line | Simatic S5 logic |
| Electrical center, Chamber dryer, Switchboard MK-1, Switchboard SK-1, K1 | Simatic S5 logic |
| Electrical center MK2, Chamber dryer, Main Center Supply L1, Tracks in the ovens and on the side of the chamber dryer | Simatic S5 logic |
| Electrical center S1, SAHA E1 | Simatic S5 logic |

The table 2 below represents mature Siemens logic still in use that's spare part-situation check-up and starting the modernization planning is recommended.

Table 2: Mature Siemens logic still in use (Siemens 2022).

| Location: | Logic: |
|---|-----------------------------------|
| Electrical centers S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Arrangement tracks KK4 | Simatic S7 ET200 product family |
| Electrical centers S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Grading plant automation E10 | Simatic S7-400 (CPU & CP modules) |
| Electrical centers S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Packaging automation E11 | Simatic S7-400 (CPU & CP modules) |
| Electrical center S 207, JB1 Stacking logic | Simatic S7-400 (CPU & CP modules) |
| Electric center Chamber dryer, Switchboard MK-1 Switchboard SK-1, Dryer, storage tracks | Simatic S7-300 (CPU) |

| | |
|--|-----------------------------------|
| Electrical center Chamber dryer, Switchboard MK-1 Switchboard SK-130A0 | Simatic S7-300 (CPU) |
| Electrical center Chamber dryer, Switchboard MK-1 Switchboard SK-1, Supply MK-1 01.4 F11 | Simatic S7-400 (CPU) |
| Electrical center S1, SAHA E1 | Simatic S7-400 (CPU) |
| MK-1 Channel dryer 11, Electrical centre, 11 Channel | Simatic S7-300 (CPU) |
| S204, S206, S115 Channel dryer 7-10, 7 - 8 Channels | Simatic S7-300 (CPU) |
| Motor Center MK 3, Motor Center MK 3 "S7- 300" | Simatic S7-300 (CPU) |
| Motor Center MK 3, Channels 1 - 6 logic | Simatic S7-400 (CPU & CP modules) |
| Center E10, Steam generator | Simatic S7-300 (CPU) |
| Electrical center S202 S220, Cabinet A3, Dimensioning A3: | Simatic S7-400 (CPU & CP modules) |

5 Discussion

To conclude the study the following improvements to the automation diagnostics and to the entire system are proposed: 1. Implementing a modern diagnostics human-machine interface tool. 2. Including safety switches into the interface or alternatively relocating them to singular locations near the operator workstations. 3. Updating to Profinet. 4. Updating the outdated PLCs. 5. Modern programming language training.

5.1 Recommended Improvements

Traditionally locating automation faults involves a systematic process of isolating and troubleshooting different components of the automation system. This may involve reviewing error logs, testing individual components, and verifying that inputs and outputs are functioning correctly. It may also involve consulting technical documentation and collaborating with other experts to diagnose the issue. This process could be made a lot easier, and faster by implementing a modern human-machine interface tool that is made possible by TIA Portal's integration of WinCC and Simatic manager. This interface would provide an interactive map of the automation process where all of the PLCs' inputs and outputs would be represented with their current states, responses and a full log of deviating signals and errors. Updating the remaining locations where profibus is still used to utilize profinet might be required in order for the interface to function properly. Upgrading to profinet should be considered even without the interface implementation, since it offers several advantages over Profibus, including faster communication speeds and better real-time capabilities. Safety switches' signals should also be included in the interface or alternatively they should at least be relocated to a singular position near the operators.

The PLCs listed before should be modernized due to their maintenance and support by the manufacturer having already ended, the older PLCs having many security issues, and the newer models offer better compatibility with modern technology and improved energy efficiency. To achieve this successfully training on more modern automation programming languages like structured control language (SCL) might be required due to the sawmill automation still heavily utilizing the older programming language STL, which is starting to become increasingly obsolete with the newest models due to the machine code changing.

5.2 Cost-Effectiveness and Applicability

Normally there would be several different effective modern approaches to bettering automation fault diagnosis such as implementing advanced machine learning algorithms to automatically classify and diagnose faults and using predictive analytics to identify potential faults before they occur, allowing for preventative maintenance and thus minimizing downtime. But the sawmill in question is quite old and so the importance of cost effectiveness of the improvements is heightened, and the pertinence shifted. And thus, it is important that most if not all the work required, can be done by the inhouse staff and that the improvements do not have a high capital cost. Both of which are fulfilled by all of the improvements suggested in this study, with the exception of the PLC modernization. It is important to note that while newer PLC models such as the S7 series offers more advanced features and functionality, their capital cost can be a lot higher than the older S5 models'. So, the S5 PLCs can still be a reliable and cost-effective option for sawmill automation, however, it's important to keep in mind that S5 PLCs are no longer being manufactured, which means that finding replacement parts and support will only become more and more difficult over time, and most importantly, the possible cost savings achievable by updating the old PLCs through reduced maintenance costs, energy consumption, and other expenses associated with outdated equipment will outweigh the capital costs in the longer run. And thus, updating of the PLC's is recommended even from the cost-effectiveness point of view if the sawmill is going to be operated many years into the future.

5.1 Further research

The study offers possible causes and fixes for the 3 main automation faults discovered in the study, but more research is still needed in order to fully diagnose them. And the first suggested step into that research would be installing accurately timestamped recording cameras at the fault locations, which in conjunction with the recorded signals/errors could give valuable insight on the issues and on the research's next steps.

References

Armenta, A. (02.05.2022), Siemens SIMATIC PLCs - Hardware History, [Website], [Accessed 20 Feb 2023] Available From: <https://control.com/technical-articles/siemens-simatic-plcs-hardware-history/>

ATO, (18.08.2022), Difference between Laser Sensor and Photoelectric Sensor. [Website]. [Accessed 16 Mar 2023]. Available From: <https://www.ato.com/difference-between-laser-sensor-and-photoelectric-sensor>

Automation Direct. (2023), Practical Guide to HMI Selection, Design and Operation. [Webpage]. [Accessed 15 Feb 2023]. Available From: <https://instrumentationtools.com/wp-content/uploads/PDF/Books/HMI%20HandBook.pdf>

Bolton, W. (2015), Programmable Logic Controllers Sixth Edition. [Webpage]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: <https://www.pdfdrive.com/programmable-logic-controllers-sixth-edition-d186595529.html>

Contrologica, (02.08.2019), Profibus – Distance & Baud Rate. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://contrologica.com/profibus-distance-baud-rate/>

Dixon, M. (26.11.2018), WHAT ARE THE MOST POPULAR PLC PROGRAMMING LANGUAGES?, [Website], [Accessed 13 Mar 2023] Available From: <https://realpars.com/plc-programming-languages/>

Electronics Tutorials, (2023), Hall Effect Sensor. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.electronics-tutorials.ws/electromagnetism/hall-effect.html>

Enoiu, E.P. (3.2015), Programming languages popularity and implications to testing programmable logic controllers, [Webpage], [Accessed 13 Mar 2023] Available From: https://www.researchgate.net/publication/308711525_Programming_languages_popularity_and_implications_to_testing_programmable_logic_controllers

Faarup, P. (13.03.2018), Function Block Diagram (FBD) PLC Programming Tutorial for Beginners. [Website]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: <https://www.plcademy.com/function-block-diagram-programming/>

Fierce Electronics, (08.08.2019), What is a Hall Effect Sensor?. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-hall-effect-sensor>

Global Spec, (2023), Vision Sensors Information. [Website]. [Accessed 16 Mar 2023]. Available From: https://www.globalspec.com/learnmore/video_imaging_equipment/machine_vision_inspection_equipment/vision_sensors

Gupta, S. (06.05.2019), Current Sensing Techniques using Different Current Sensors. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://circuitdigest.com/article/how-to-measure-current-in-a-circuit-with-different-current-sensing-techniques>

Hanssen, D.H. (23.11.2015), Programmable Logic Controllers : A Practical Approach to IEC 61131-3 Using CoDeSys, [Webpage]. [Accessed 2 Feb 2023]. Available from: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/lut/reader.action?docID=4040112>

Hou, C.; Qian, Z, (2011), Application of magnetic sensors in automation control. [Webpage]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/263/1/012003/pdf>

Hugh, J. (21.3.2008), Automating Manufacturing Systems with PLCs Version 5.1. [Webpage]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: [https://instrumentationtools.com/wp-content/uploads/PDF/Books/Free%20Download%20Programmable%20Logic%20Controller%20\(PLC\)%20Book.pdf](https://instrumentationtools.com/wp-content/uploads/PDF/Books/Free%20Download%20Programmable%20Logic%20Controller%20(PLC)%20Book.pdf)

Hämäläinen, A. (2023), LOTO-menettelmän käyttöönotto Lappeenrannan sahalla Opinnäytetyö. [Webpage]. [Accessed 20 Mar 2023]. Available From: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/789819/Hamalainen_Aleksi.pdf?sequence=2&isAllowed=y

ISA, (2012), Basics of PROFIBUS Operation. [Webpage]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.isa.org/getmedia/f6e94b47-97c4-4a40-877f-239c559d1845/Basics-of-profibus-operation-chapter1.pdf>

Ins Tools. (2023), How to use Simulator in Siemens PLC?, [Website], [Accessed 13 Mar 2023] Available From: <https://instrumentationtools.com/how-to-use-simulator-in-siemens-plc/>

Jander, A.; Smith, C.; Schneider, R. , (2005), Magneto-resistive Sensors for Nondestructive Evaluation. [Webpage]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: [https://www.nve.com/Downloads/SPIE10 Magneto-resistive Sensors for Nondestructive Evaluation.pdf](https://www.nve.com/Downloads/SPIE10_Magneto-resistive_Sensors_for_Nondestructive_Evaluation.pdf)

Joki-Hollanti, O. (04.2021), WINCC UNIFIEDIN JA WINCC PROFESSIONALIN TUOTEOMINAISUUKSIEN VERTAILU. [Webpage]. [Accessed 16 Mar 2023]. Available From: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/498076/Joki-Hollanti_Olivia.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Jones, C.T. (2006), STEP 7 in 7 Steps A Practical Guide to Implementing S7-300/S7-400 Programmable Controllers, [Webpage], [Accessed 12 Mar 2023] Available From: <https://www.etf.ues.rs.ba/~slubura/Procesni%20racunari/step7in7step/Step7in7step.pdf>

KISI, (2023), Infrared Sensors and PIR Sensors Breakdown. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.getkisi.com/guides/infrared-sensors>

Metsä Group, (2023), Lappeenranta sawmill [Webpage]. [Accessed 7 Mar. 2023]. Available from: <https://www.metsagroup.com/metsafibre/about-metsafibre/sawn-timber-production/lappeenranta-sawmill/>

Metsä Group, (2023), We are Metsä Fibre [Webpage]. [Accessed 7 Mar. 2023]. Available From: <https://www.metsagroup.com/metsafibre/about-metsafibre/>

Moermond, J. (2023), What is a Capacitive Sensor?. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://automation-insights.blog/2017/06/07/what-is-a-capacitive-sensor/>

Phillips, R. (29.04.2020), Basic PLC Programming. [Website]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: <https://basicplc.com/plc-programming/>

PI, (2016), PROFIBUS System Description Technology and Application. [Webpage]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.profibus.com/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=52380&token=4868812e468cd5e71d2a07c7b3da955b47a8e10d>

PI, (2014), PROFINET System Description Technology and Application. [Webpage]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: https://us.profinet.com/wp-content/uploads/2012/11/PROFINET_SystemDescription_ENG_2014_web.pdf

RS components, (2023), The Guide to Hall Effect Sensors. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://se.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/hall-effect-sensors-guide>

SAP, (2023), What is an MES (manufacturing execution system)?. [Website]. [Accessed 20 Mar 2023]. Available From: <https://www.sap.com/insights/what-is-mes-manufacturing-execution-system.html>

Shah, K. (05.08.2022), History of the PLC (Programmable Logic Controller). [Website]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: <https://engineershup.co.in/history-of-the-plc/>

SICK, (24.02.2022), Inductive sensors - Function, mounting and application. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.sick.com/at/en/inductive-sensors-function-mounting-and-application/w/blog-induktiver%20sensor/>

Siemens, (10.08.2022), Plant Assessment: Metsä Fibre Oy Lappeenranta saha. [Webpage]. [Accessed 1 Feb. 2023]. Not publicly available

Siemens, (09.2018), SIMATIC HMI WinCC V7.5 WinCC: Working with WinCC System Manual. [Webpage]. [Accessed 2 Feb 2023]. Available From: <https://www.gothightech.com/resources/pdf/Manual%20-%20WinCC%20v7.5%20Working%20with%20WinCC.pdf>

Siemens, (2016), Basics of PLCs. [Webpage]. [Accessed 4 Feb 2023]. Available From: https://sitrain.us/step/pdfs/version2/Basics_of_PLCs.pdf

Siemens, (03.2012), PROFINET System Description. [Webpage]. [Accessed 18 Mar 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/127/19292127/att_69558/v1/profinet_system_description_en-US_en-US.pdf

Siemens, (04.2009), SIMATIC NET PROFIBUS Network Manual System Manual. [Webpage]. [Accessed 6 Mar 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pbnet_76.pdf

Siemens, (2006)a, SIMATIC Programming with STEP 7 Manual Edition 03/2006. [Webpage]. [Accessed 6 Feb 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/056/18652056/att_70829/v1/S7prv54_e.pdf

Siemens, (2006)b, SIMATIC Function Block Diagram (FBD) for S7-300 and S7-400 Programming Reference Manual. [Webpage]. [Accessed 6 Feb 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/644/18652644/att_90326/v1/FUP_e.pdf

Siemens, (2006)c, SIMATIC Working with STEP 7 Getting Started. [Webpage]. [Accessed 6 Feb 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/511/18652511/att_53988/v1/S7gsv54_e.pdf

Siemens, (2006)d, SIMATIC Statement List (STL) for S7-300 and S7-400 Programming Reference Manual. [Webpage]. [Accessed 6 Feb 2023]. Available From: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/496/18653496/att_97188/v1/AWL_e.pdf

Smlease , (2023), Magneto-resistive Sensor: Everything you need to know about. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.smlease.com/entries/automation/magneto-resistive-sensor/>

Swedish Wood, (2023), From raw material to wood product. [Website]. [Accessed 20 Mar 2023]. Available From: <https://www.swedishwood.com/wood-facts/about-wood/from-log-to-plank/>

TE Connectivity, (2023), Basics of Magneto-resistive (MR) Sensors. [Website]. [Accessed 17 Mar 2023]. Available From: <https://www.te.com/usa-en/products/sensors/position-sensors/intersection/intro-into-mr-sensor-applications.html>

The Instrument Guru, (2022), Laser Sensor | What is laser Sensor ?. [Website]. [Accessed 16 Mar 2023]. Available From: https://theinstrumentguru.com/laser-sensor-what-is-laser-sensor/#Types_of_Laser_Sensors_Laser_based_sensors

Thomasnet, (2023), Types of Sensors - A Complete Guide. [Website]. [Accessed 10 Mar 2023]. Available From: <https://www.thomasnet.com/articles/instruments-controls/types-of-sensors/#photoelectric>

Thomas, P. (25.08.2017), What is Human Machine Interface (HMI)?, [Website], [Accessed 14 Mar 2023] Available From: <https://www.mindsmapped.com/what-is-hmi/>

Yahia, R. (2022), An Introduction to Statement List (STL) Programming in Siemens TIA Portal. [Website]. [Accessed 3 Feb 2023]. Available From: <https://www.solisplc.com/tutorials/statement-list-stl-programming-in-siemens-tia-portal#toc-understanding-the-siemens-plc-architecture>

Appendix 1

Transcript 1: Pekka Tujula, Automation contractor at Metsä Fibre, HM-Automaatio, 07.03.2023

1. Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?

Jotta tehokkuus pysyisi yllä, niin operaattoreille pitäisi saada mahdollisimman paljon hyödyllistä normaalitoiminnan infoa sekä ohjelmallisesti tulkittavia hälytyksiä linjan toiminnasta, jotta itsediagnosointi olisi helpompaa sekä operaattorit myös osaisivat reagoida esim. ruuhkiin sekä valokennojen vikaantumiseen tai likaantumiseen mahdollisimman nopeasti tai jo ennakoivasti, joka parantaisi tehokkuutta säästämällä aikaa, sillä häiriöt olisivat lyhyempiä ja huoltohenkilöitä tarvitsisi odottaa harvemmin. Tämä tulisi ensisijaisesti toteuttaa ilman lisäämällä antureita, jos mahdollista, sillä antureita lisääminen usein aiheuttaa lisää turhia hälytyksiä, jotka myös aiheuttavat katkoksia tuotannossa sekä lisää työtä operaattoreille. Jos lisää antureita tarvitaan halutun hälytyksen tai datan saamisen toteuttamiseen, niin tulisi lähestymistapaa käyttää, jolloin anturi ei hälytä heti ensimmäisestä virhetilanteesta vaan esim. kahdesta tai useammasta peräkkäisestä virhesignaalista, jotta voidaan todeta kyseessä olevan anturivika ja vähentää näin myös turhia vääriä hälytyksiä.

2. Pystytkö kuvailemaan menetelmää, jonka olet ohjeistanut (muille) operaattoreille automaatiojärjestelmän tehokkaampaan käyttöön?

Tuotannon aikaista linjan toiminnan tilan, antureiden ja datan valvomista.

3. Miten tasapainostat tehokkuuden tarpeen turvallisuuden sekä laadun ylläpitämisen kanssa?

Vanhemmissa linjastoissa usein turvallisuus tulee aina ensin, sillä laadun ja turvallisuuden sovittaminen on haasteellista, koska usein laitteistoja ei ole alun perin suunniteltu nykyaikaisesti turvalliseen käyttöön määriteltävään toimintaa. Joten laitteistot ovat vaatineet paljon erilaisia uudistuksia turvallistamiseen etenkin esim. huoltotöiden aikana tarvittavan hitaan ajon mahdollistaminen.

4. Pystytkö antamaan esimerkin ratkaisusta, jonka keksit parantaaksesi automaation toimivuutta tai tehokkuutta? Mitä teit ja mikä oli vaikutus?

Operaattorin ehdotuksesta tasaamon giljotiinin logiikan parannus, joka havaitsi, jos giljotiini ei onnistunut leikkaamaan kaikkia pinon lautoja. Ennen parannusta giljotiini toimi niin, että vaikka se ei saanut kaikkia lautoja leikattua, yritti se silti ajaa lautoja hihnalla eteenpäin, jonka seurauksena ruuhkaan tuli lisää tavaraa eikä järjestelmä ikinä selviytynyt virhetilanteesta ilman operaattorin apua selvittää ruuhka. Parannuksessa logiikka ohjelmoitiin siten, että jos giljotiini ei saa lautoja katkaistua yrittää se uudestaan ilman käynnistämättä hihnaa ja tietyn ajan päästä, jos lautojen leikkaus ei vielä ole onnistunut järjestelmä antaa operaattorille hälytyksen pysäyttäen prosessin ennen kuin ruuhka pääsee muodostumaan.

Appendix 2

Transcript 2: Ville Tilli, Operator, Metsä Fibre, 09.03.2023

1. Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?

Jakamalla omaan mieleen tulevia parannusideoita ja tuomalla esiin epäkohtia automaatioprosessissa. Vikojen löytämistä voisi helpottaa tarkemmilla vikasignaalin lähteillä sekä uusien luomisella.

2. Pystytkö tuomaan esiin yleisiä vikoja tai ongelmakohtia automaatioprosessissa?

Vannesahaa edeltävän hakkurin keskityksessä sivuosumaa ja porrasannostimessa ei ole ns. tarpeeksi tilaa mikä aiheuttaa päin ajoja.

3. Kommunikoitko muiden osastojen, kuten esim. huolto-osaston kanssa varmistaaksesi automaatiojärjestelmä toimivuuden?

Kyllä, kaikki selviävät helpommalla, kun asioista huolehditaan ajoissa, joten ilmoitan aina varsinkin, jos tiedän jonkin olevan lähellä rikkoutumista tai jotain muuta mikä voisi vaikuttaa prosessiin myös ennakoivasti.

Appendix 3

Transcript 3: Project manager, Metsä Fibre, 09.03.2023

1. Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?

Aktiivisen MES-järjestelmän sekä sen raportoinnin seuranta ja analysointi, jota voitaisiin tehdä helpommaksi lähdettä laajentamalla, jolloin saataisiin syvempää jo valmiiksi pureskeltua dataa ulos.

2. Pystytkö tuomaan esiin yleisiä vikoja tai ongelmakohtia automaatioprosessissa?

Lähtökohtana on, että tuotannollinen häiriö todennäköisesti johtuu aika usein automaatiossa olevasta häiriöstä ja yleinen vika näiden kahden yhteenliittymässä on, että jokin säätö tai muu vastaava parametri mikä ei toimi kyseisen ajonopeuden tai tuotteen kanssa, kuten esim. jokin läppä toimii väärällä ajoituksella jollain määrättyllä nopeudella, joka aiheuttaa ruuhkia ja lopputulos saattaa aiheuttaa myös laiterikkoja.

2.1 Jatkokysymys aiemmissa haastatteluissa nousseista ongelmakohtista.

Nykyistä porrasannostinta ei pystytä ajamaan suunnitellusti, koska sen mekaniikka ei kestä sille tehtyä alas ohjausta. Kun kyseinen porras suunniteltiin, sen erillisen annostimen puutetta perusteltiin sillä, että sillä voitaisiin ajaa maksiminopeudella alas ja annostelunopeudella ylös, jotta yhden tyhjän tukin aiheuttamia ongelmia keskitykseen sekä tukkiväliin ei tulisi, mutta tällä hetkellä sitä ei mekaniikan vuoksi voida toteuttaa.

Kuorimakoneeseen ei tämänhetkisellä ohjausjärjestelmällä pystytä ajamaan puuta tiheällä tukkivälillä, mikä aiheuttaa sen, että porrasannostin haukkaa tyhjää. Se olisi tietenkin mahdollista anturoinnilla tai kuorimakoneen roottorin ohjauksella saada paremmaksi, ja siitä kun menemme vielä taaksepäin, niin myöskin edellisen kuorintaosaston annostimen kidan syöttäminen pitäisi saada pysymään tahdissa, sillä käytännössä koko putki toimii siten, että yksi puu kun annostellaan sahalinjalle niin samaan aikaan pitäisi antaa kuorimossa toinen puu tilalle, jotta se puskuri kestäisi vakiona.

3. Pystytkö kuvailemaan menetelmää, jonka olet ohjeistanut (muille) operaattoreille automaatiojärjestelmän tehokkaampaan käyttöön?

Olemassa olevan erän tehokkuustietojen ja asetusten seuranta reaaliaikaisesti, jonka kautta tuotantoa on mahdollista hienosäätää tehokkaammaksi jokaiselle eri tuotteelle.

4. Miten tasapainostat tehokkuuden tarpeen turvallisuuden sekä laadun ylläpitämisen kanssa?

Lappeenrannan sahalla on semmoinen hauska ominaisuus, että jos ajamme 25 % häiriöillä hieman liian kovaa, saamme enemmän kuutioita kuin ajamalla rauhallisesti ja pienemmillä häiriöillä, mutta se aiheuttaa sen, että operaattorien pitää olla koko ajan oikomassa tavaraa. Ja tuosta kun lähdetään asiaa käsittelemään, niin pääsemme pienemmällä ruuhkan purulla ja käsityöllä lähes samaan tehokkuuteen, mikä luo turvallisuutta. Nyt kun asiaa on lähdetty tätä kautta kehittämään niin on myös saatu lisää tuloksia, ja lopputuloksena on se että, tehokkuus on noussut samalle tasolle kuin isommilla häiriöillä ja useammilla ruuhkan puruilla ajaminen. Mutta tätä aiemmin tarkoituksella ajettiin vähän kuin päätä seinään, koska näin saatiin tulemaan sahatavaraa runsaasti, mutta käsityötä vaadittiin myös paljon.

4.1. Jatkokysymys tasapainottamisen parantamisesta.

Laittamalla ensin perusasiat kuntoon, jonka jälkeen lähdetään analysoimaan toteutunutta yksi kohta kerrallaan. Moni tekee sen virheen, että monta asia muutetaan kerralla ja sitten ei tiedetä mikä niistä aiheutti muutoksen, joten ihan yksi kohta kerrallaan asioita kuntoon niin muutos on aina pikkuhiljaa huomattavissa.

5. Pystytkö antamaan esimerkin ratkaisusta, jonka keksit parantaaksesi automaation toimivuutta tai tehokkuutta? Mitä teit ja mikä oli vaikutus?

Sahalinjan syötössä ei ennen ollut virheellisten tukkien hylkäys mahdollisuutta ja häiriöanalyseissä huomattiin, että prosessiin kuulumaton tukki joko liian iso tai liian pieni tai sitten vaurioitunut puu jonka esim. kone oli särkenyt kentällä aiheutti prosessihäiriöitä, kun niitä piti nostaa nosturilla pois rannassa. Toiseksi ne saattoivat päästä myös prosessiin mukaan, mikä aiheutti ruuhkia esim. pystyssä olleitten katkenneiden pätkien takia, joiden käsineen poistaminen aiheutti työturvallisuusongelmia. Joten sahasyöttöön asennettiin hylkyluukku ja konenäkökamera, joilla yritetään poimia viallisia puita pois, etteivät ne pääsisi prosessiin asti ja aiheuta siellä lisää ongelmia. Konenäkökameraa ei saatu toimimaan ulko-olosuhteissa, mutta hylkyluukulla pystytään manuaalisesti pudottamaan väärät puut pois matkan varrella, niin ne eivät pääse prosessiin asti, eikä myöskään nosturilla tarvitse nostella puita pois, mikä säästää aikaa.

6. Kommunikoitko muiden osastojen, kuten esim. huolto-osaston kanssa varmistaaksesi automaatiojärjestelmä toimivuuden?

Kyllä, ja yhteen aikaanhan oli se ongelma, että automaatiovioista tuli niin sanotusti ominaisuus, joita operaattorit sitten kompensoivat asetteita muuttamalla, jotka periaatteessa pitensivät vioittuneen komponentin elinkaarta. Mutta tämän jälkeen useasti kävi niin, että vioittunut komponentti pysyi käytössä niin kauan kunnes se hajosi täysin, sillä kunnossapito-osastolla ei siitä ollut tietoa. Nykyään tilanne on parantunut tosi paljon, sillä operaattorit ovat oppineet seuraamaan tilannetta ja kommunikoimaan nopeasti seurauksena siitä, että operaattorit ovat nyt myös itse olleet mukana kunnossapitohommissa.

7. Voitko kertoa jostain muusta kerrasta, jolloin onnistuit parantamaan automaation tehokkuutta tai toimivuutta?

Särmien ohjausautomaation modernisointi reilu 10 vuotta sitten, jolla saatiin vähennettyä ruuhkia sekä nostettua kapasiteettia huomattavasti.

Appendix 4

Transcript 4: Marko Moisio, Operator, Metsä Fibre, 13.03.2023

1. Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?

Meillä on mahdollisuus tehdä aloitteita ja sitä kautta myös kannusteita ajattelemaan asiaa, jos oivaltaa että jonkin voisi tehdä paremmin tai turvallisemmin sekä myös muita vaihtoehtoja prosessin tehostamiseen. Sekä meillä on joka päivä aamupalaveri, johon me operaattorit voimme tarvittaessa osallistua, jos se sen hetkisissä työtehtävissä on mahdollista. Kunnossapitopyyntöjä sekä käytettävyyshavaintoja pystyy myös aina tekemään esim. huomattaessaan vikoja tai toistuvia ruuhkia prosessissa, joita tuleekin tehtyä lähes viikoittain.

2. Pystytkö tuomaan esiin yleisiä vikoja tai ongelmakohtia automaatioprosessissa?

Vannesahaa edeltävän hakkurin keskityksessä sivuosumaa tai sivuajoa eli tukki ei mene hakkuriin keskellä ketjua vaan sen sivussa, joka aiheuttaa häiriöitä sekä pahimmillaan saattaa aiheuttaa myös laiterikon. Pienen tukkivälin on huomattu aiheuttavan ongelmaa huomattavasti useammin, joka saattaa johtua keskityspyörien aukeamisesta väärään aikaan.

Porrasannostimessa ei ole ns. tarpeeksi tilaa mikä aiheuttaa päin ajoja, joka tuntuu katoavan eri asetteilla ja tuotteilla.

Rannan annostelu ei aina toimi niin kuin pitäisi, sillä tukki saattaa joskus pyörähtää yli tai olla annosteltu limittäin.

3. Pystytkö kuvailemaan menetelmää, jonka olet ohjeistanut (muille) operaattoreille automaatiojärjestelmän tehokkaampaan käyttöön?

Käymme paljon keskusteltua kollegoiden kanssa siitä, että miten myös toisessa työvuorossa tehdään tai miten he ovat kokeneet parhaaksi? Esimerkiksi tuotannon aikana joudumme usein tekemään paljon säätöjä ja muuttamaan parametreja ja, jos huomaan, että edellinen vuoro on ajanut eri asetuksilla kuin mitä itse käyttäisin, niin kysyn asiasta toisen vuoron operaattoreilta sekä tietysti myös kerron eteenpäin, jos itse löydän paremman tavan johonkin prosessiin. Vuorojen välisessä kanssakäymisessä on menty hyvin paljon eteenpäin, sillä enää

ei ole tarvetta kilpailla kuten ennen vanhaan, milloin molemmilla vuoroilla oli ns. oma urakka

4. Miten tasapainostat tehokkuuden tarpeen turvallisuuden sekä laadun ylläpitämisen kanssa?

Asiassa on tapahtunut hurja muutos, sillä nykyään työn turvallisuus tulee aina ensin, joka näkyy nyt esimerkiksi vanhoissa laitteissa, joihin on ennen päässyt sisälle jostain sivusta esim. purkamaan ruuhkaa, mutta nykyään laitteisiin on tehty kaikennäköistä turva-aitaa ja turvapiiriä eli nykyään aina kun jotain laitetta uudistetaan, parannetaan myös sen turvallisuutta samalla. Nämä asiat ovat taas sitten tehokkuuden ja laadun näkökulmasta haastavia, sillä kuten jo aiemmin sanoin ennen laitteiden sisälle on päässyt paljon nopeammin ja helpommin sekä moottorisahat olivat myös käytössä, joten ruuhkat ja muut vikatilanteet korjattiin todella paljon nopeammin verrattuna nykyiseen.

5. Pystytkö antamaan esimerkin ratkaisusta, jonka keksit parantaaksesi automaation toimivuutta tai tehokkuutta? Mitä teit ja mikä oli vaikutus?

Aloite kakkospuolen sakara-annostimen parannukseen, jotta annostin saataisiin pyörimään käsiajolla myös taaksepäin, joka auttoi suuresti jumittuneiden puiden ja ruuhkien purkamisessa ja nykyään parannuksen takia annostin ei vaadi läheskään yhtä paljon toimenpiteitä kuin ennen.

6. Kommunikoitko muiden osastojen, kuten esim. huolto-osaston kanssa varmistaaksesi automaatiojärjestelmä toimivuuden?

Kyllä kommunikoin hyvinkin paljon ja ainakaan en itse ikinä pidä mitään vain omana tietonani vaan kerron ja kyselen aina, jos jollekin on mahdollista tehdä jotakin ja olen tämän saman huomannut myös kollegoissani.

7. Voitko kertoa jostain muusta kerrasta, jolloin onnistuit parantamaan automaation tehokkuutta tai toimivuutta?

Vannelaudan rullakuljetin, johon parannuksena tehtiin sivureuna, joka estää 2. särmälle tarkoitettujen lautojen tippumisen ennenaikaisesti 1. särmälle.

Appendix 5

Transcript 5: Mikko Koivunen and Petri Tukiainen interviewed together, Electrical maintenance, Metsä Fibre, 15.03.2023

1. Mitä toimia teet automaation tehokkuuden ylläpitämiseksi sekä parantamiseksi ja miten näitä toimia voitaisiin tehdä helpommaksi?

Seuraamalla MES-järjestelmää ja sinne kirjautuvia häiriöitä sekä niiden kestoja voidaan tunnistaa parannuksen tarpeita prosessissa. Sekä ennakkohuolto listojen noudattaminen, jolla pyritään ennaltaehkäisemään yleisiä todennäköisiä tuotannon aikaisia vikoja ja tekemällä kyseistä huolto öisin, jolloin se ei vie aikaa tuotannolta.

Näitä voitaisiin helpottaa poistamalla ennakkohuoltotöitä, joita ei ole enää olemassakaan sekä karsimalla pois vanhat jännitteiset piuhat ja logiikat mitkä eivät ole enää käytössä, mikä selkeyttäisi useita huoltotilanteita.

2. Pystytkö tuomaan esiin yleisiä vikoja tai ongelmakohtia automaatioprosessissa?

Valokennojen likaantumiset ja muut häiriöt.

3. Pystytkö kuvailemaan menetelmää, jonka olet ohjeistanut (muille) operaattoreille automaatiojärjestelmän tehokkaampaan käyttöön?

Laitteiden säätäminen sekä asetteiden muuttaminen

4. Miten tasapainotat tehokkuuden tarpeen turvallisuuden sekä laadun ylläpitämisen kanssa?

Tasapainotus on haastavaa, sillä usein laitteita ajetaan huomattavasti nopeammilla nopeuksilla kuin mille ne ovat alun perin suunniteltu, kuten esim. dimensio, jonka vaikutuksesta trimmerin terän varret hajoavat useasti suurempien nopeuksien aiheuttamien rasiusten takia. Dimensio on yksi suurimmista häiriötekijöistä tällä hetkellä.

5. Pystytkö antamaan esimerkin ratkaisusta, jonka keksit parantaaksesi automaation toimivuutta tai tehokkuutta? Mitä teit ja mikä oli vaikutus?

Tukkilajittelun sulakkeet jaettu pienempiin osiin, jotta usealta lokeroilta ei lähtisi virta heti, jos yksi sulake palaa. Ennen yhden sulakkeen takana oli 16 lokeroa ja parannuksen jälkeen vain 2.

6. Kommunikoitko muiden osastojen kanssa varmistaaksesi automaatiojärjestelmä toimivuuden?

Kyllä ja yritämmekin käydä sahalla joka päivä kyselemässä mahdollisista ongelmista.

7. Voitko kertoa jostain muusta kerrasta, jolloin onnistuit parantamaan automaation tehokkuutta tai toimivuutta?

Kappaletavaramittarin ylipaineistaminen, jonka johdosta putsamisen tarve on vähentynyt.

Appendix 6

A summary document of the results and discussion in Finnish requested by Metsä Fibre.

Havaitut ongelmakohdat:

1. Rannan Annostelu

Syöttölaite syöttää tukkeja ajoittain liian nopeasti tukkikuljettimelle 1, mikä aiheuttaa törmäyksiä ja limittäisiä tukkeja kuljettimella. Ongelmaan on huomattu kaksi syytä, joista ensimmäinen on tukin pyörähtäminen syöttölaitteen yli ja toinen on syöttölaitteen virheellinen ajoitus automaatiojärjestelmässä, joka johtuu todennäköisesti antureista tai ohjelmointiongelmistä.

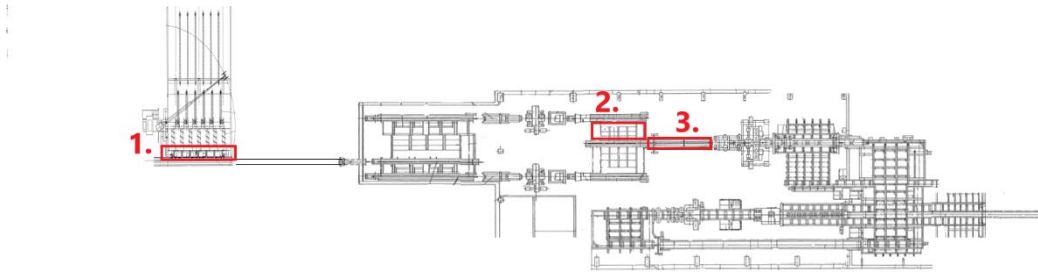
2. Sahalinjan Porrassannostin Kuorimalinjalta 2

Annostimessa ei ole riittävästi varastotilaa tukeille eikä sen mekaniikka pysty käsittelemään tarvittavia nopeuksia, jotta sahalinjan syöttö pysyisi riittävänä. Annostin ei ajoittain "potkaise" etenkin suurempia tukkeja aiheuttaen törmäyksiä ja siten myös ruuhkaantumista. Prosessin uudelleenkäynnistämisen jälkeen on myös mahdollista, että kuorimalinja ajaa uuden tukin annostimelle ennen itse annostimen käynnistymistä aiheuttaen uuden törmäyksen ja tukoksen, mikä johtuu todennäköisesti virheellisestä logiikkaohjelman sekvensoinnista käynnistyksen jälkeen. Oikea järjestys olisi käynnistää ensin potkaisukuljetin, sitten kuorimakone ja viimeiseksi syöttölaite, joka ajaa kuorimalinjalta tulevan tukin porrasannostimelle. Ongelman on todettu yleistyvän aina, kun ajettava tukkityyppi sekä näin myös asete vaihtuu.

3. Tukin keskityslaitteisto Pelkkahakkurilla 1

Tukkien keskityslaitteisto keskittää ajoittain tukit virheellisesti ketjukuljettimelle, jonka syystä tukit voivat mennä hakkuriin vinossa/sivussa, mikä taas voi aiheuttaa ruuhkautumisen tai jopa vakavan laitevian. On todettu, että ongelma on paljon todennäköisempi, kun tukkeja ajetaan pienellä tukkivälillä. Ongelma on epäsäännöllinen ja se voi johtua keskityspyörien logiikan ohjelmoinnista, joka saa ne avautumaan väärään aikaan tai anturien toimintahäiriöstä aiheuttaen saman tuloksen.

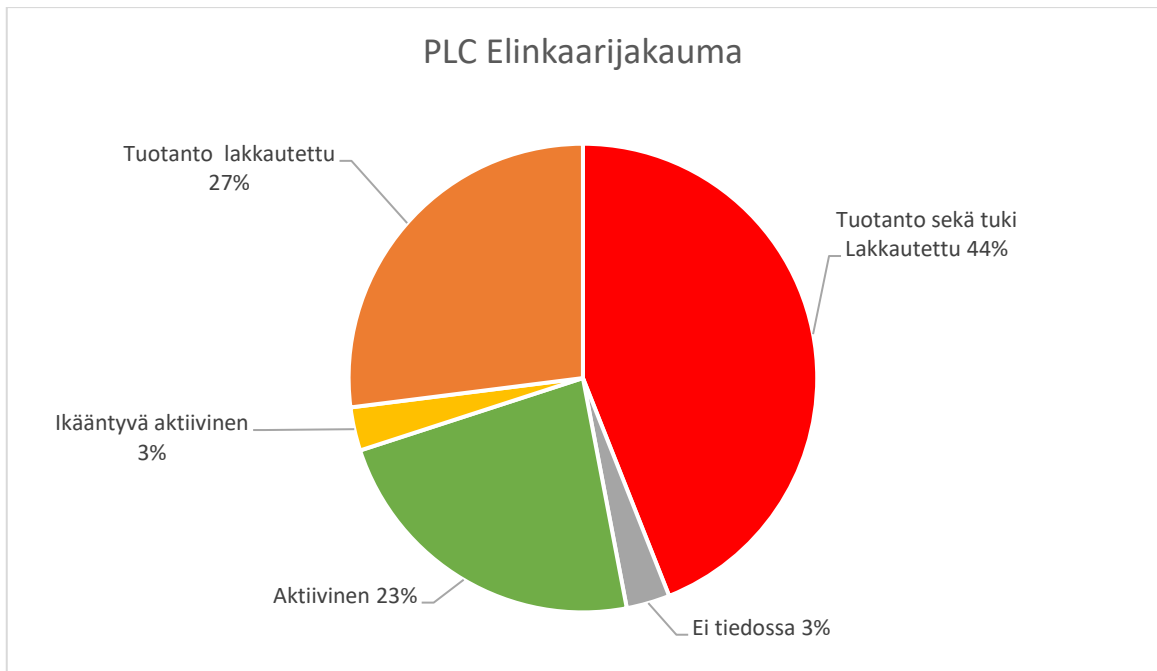
Vikojen sijainnit prosessissa on esitetty alla olevassa kuvassa 1. punaiset neliöt kuvaavat havaittuja ongelmakohtia.



Kuva 1: Ongelmakohdat prosessikartalla (Hämäläinen 2023).

Ikääntyvä PLC-tekniikka

Kaikki Metsä Fibren Lappeenrannan sahalla tällä hetkellä käytössä olevat PLC-laitteet ovat Siemensin valmistamia, joista suuren osan tuotanto tai tuki on jo lakkautettu (Siemens 2022). Alla olevassa piirikaaviossa on esitetty kaikki PLC:t Lappeenrannan sahalla mukaan lukien ne, jotka eivät tällä hetkellä vaadi toimenpiteitä.



Kuva 2: PLC elinkaarijakauma Metsä Fibren Lappeenrannan sahalla (Siemens 2022).

Alla olevassa taulukossa esitetään käytössä olevat vanhat Siemensin logiikat, joiden tuki on jo päättynyt ja joiden välitön modernisointi on suositeltavaa.

Taulukko 1: Käytössä oleva vanha Siemensin logiikka. (Siemens 2022).

| Sijainti: | Logiikka: |
|--|---|
| Pölysuodatin Syöttö S305D 07C1 | Simatic S7-200 ja S7 TD200 operointipaneeli |
| Sähkökeskus S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Huppusitomakone | Simatic S7-200 |
| Sähkökeskus, Kamarikuivaamo, Keskus MK-1, Keskus SK-1, RK-IV syöttö S207 49.3 | Siemens LOGO! |
| Sähkökeskus, Kamarikuivaamo, Keskus MK-1, Keskus SK-1, Järjestelyradat KK5 | Simatic S5 |
| Sähkökeskus, Kamarikuivaamo, Keskus MK-1, Keskus SK-1, Järjestelyradat KK3 | Simatic S5 |
| Sähkökeskus, Kamarikuivaamo, Keskus MK-1, Keskus SK-1, Halkaisulinja | Simatic S5 |
| Sähkökeskus, Kamarikuivaamo, Keskus MK-1, Keskus SK-1, K1 | Simatic S5 |
| Sähkökeskus MK2, Kamarikuivaamo, Syöttö Pääkeskus L1, Radat uuneissa ja kamarin sivustalla | Simatic S5 |
| Sähkökeskus S1, SAHA E1 | Simatic S5 |

Alla olevassa taulukossa esitetään käytössä oleva ikääntyvä Siemensin logiikka, jonka varaosatilanteen tarkistaminen ja modernisointisuunnittelun aloittaminen on suositeltavaa.

Taulukko 2: Käytössä oleva ikääntyvä Siemensin logiikka (Siemens 2022).

| Sijainti: | Logiikka: |
|--|------------------------------------|
| Sähkökeskus S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Järjestelyradat KK4 | Simatic S7 ET200 tuoteperhe |
| Sähkökeskus S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Tasaamon automatiikka E10 | Simatic S7-400 (CPU & CP moduulit) |
| Sähkökeskus S 305 D, S 303 B, S303 A, S 110, Paketoinnin automatiikka E11 | Simatic S7-400 (CPU & CP moduulit) |
| Sähkökeskus S 207, JB1 Rimoituksen logiikka | Simatic S7-400 (CPU & CP moduulit) |
| Sähkökeskus Kamarikuivaamo, Keskus MK-1 Keskus SK-1, Kuivaamo, varastoradat | Simatic S7-300 (CPU) |
| Sähkökeskus Kamarikuivaamo, Keskus MK-1 Keskus SK-130A0 | Simatic S7-300 (CPU) |
| Sähkökeskus Kamarikuivaamo, Keskus MK-1 Keskus SK-1, Syöttö MK-1 01.4 F11 | Simatic S7-400 (CPU) |
| Sähkökeskus S1, SAHA E1 | Simatic S7-400 (CPU) |
| MK-1 Kanavakuivaamo 11, Sähkökeskus, 11 Kanava | Simatic S7-300 (CPU) |
| S204, S206, S115 Kanavakuivaamo 7-10, 7 - 8 Kanavat | Simatic S7-300 (CPU) |
| Moottorikeskus MK 3, Moottorikeskus MK 3 "S7-300": | Simatic S7-300 (CPU) |
| Moottorikeskus MK 3, Kanavien 1 - 6 logiikka | Simatic S7-400 (CPU & CP moduulit) |
| Keskus E10, Höyrynkehitin | Simatic S7-300 (CPU) |

| | |
|---|------------------------------------|
| Sähkökeskus S202 S220, Kaappi A3, Dimensio A3 | Simatic S7-400 (CPU & CP moduulit) |
|---|------------------------------------|

Suosittelut parannukset

1. Moderni ihmisen ja koneen välinen käyttöliittymätyökalu:

Rakentamalla ja käyttöönottamalla kyseisen työkalun voidaan automaation vian diagnosointi sekä löytäminen tehdä huomattavasti helpommaksi ja nopeammaksi. Työkalu tarjoaa interaktiivisen kartan automaatioprosessista, jossa kaikki PLC-ohjainten tulot ja lähdöt esitettäisiin niiden nykytiloineen, vasteineen sekä helposti luettavan lokin ennalta määritetyistä poikkeavista signaaleista ja virhekoodeista.

2. Turvakytkimet:

Turvakytkimien signaalit olisi myös hyvä sisällyttää työkaluun tai vaihtoehtoisesti ne voitaisiin siirtää yksittäiseen helposti nähtävään paikkaan lähelle operaattoreiden työpisteitä.

3. Profinet:

Jotta työkalun halutulla tavalla toiminta reaaliaikaisesti voidaan varmistaa olisi hyvä päivittää loputkin sijainnit, joissa Profibus on edelleen käytössä, käyttämään Profinet-protokollaa. Profinetiin päivittämistä tulisi harkita myös ilmankin kyseisen työkalun toteutusta, sillä Profinet tarjoaa useita etuja Profibusiin verrattuna, kuten nopeammat tiedonsiirtonopeudet, paremmat reaaliaikaiset ominaisuudet sekä ethernet-yhteensopivuus.

4. PLC modernisointi:

Aiemmin mainitut PLC:t olisi hyvä modernisoida, sillä niiden valmistajan tuki sekä valmistaminen on jo lakkautettu, joten varaosien löytäminen tulee olemaan koko ajan vaikeampaa tulevaisuudessa. Lisäksi vanhemmissa PLC:ssä on myös useita tietoturvaongelmia ja uudemmat mallit ovat paremmin yhteensopivia nykyaikaisen teknologian kanssa.

5. Modernit ohjelmointikielät:

Modernien PLC:den konekieli on jo hyvin erilainen kuin S7-300/400 mallien ja se tulee tulevaisuudessa muuttumaan vieläkin enemmän ja näin vanhempien kielten kuten STL

aiemmin nähdyt hyödyt ovat nykyään olemattomia ja haitat lisääntyneet. Joten varsinkin tulevaisuudessa koulutus modernimpiin automaation ohjelmointikieliin, kuten esim. SCL:ään (Structured Control Language) tulee olemaan tarpeellista.

Kustannustehokkuus ja sovellettavuus

Metsä Fibre Lappeenrannan saha on jo ikääntynyt, joten parannusten kustannustehokkuuden merkitys korostuu ja asiaankuuluvuus siirtyy. Näin ollen on tärkeää, että suurin osa tai jopa kaikki tarvittavat työt voidaan tehdä yrityksen omalla henkilöstöllä ja että parannukset eivät aiheuta suuria pääomakustannuksia. Melkein kaikki aiemmin ehdotetut parannukset täyttävät molemmat vaatimukset, lukuun ottamatta PLC:den modernisointia. On tärkeää huomata, että vaikka uudemmat PLC-mallit kuten S7-sarja tarjoavat kehittyneempiä ominaisuuksia ja toimintoja voivat niiden pääomakustannukset olla paljon korkeammat kuin vanhempien S5-mallien. S5 PLC:t voivat siis edelleen olla luotettava ja kustannustehokas vaihtoehto sahalaitoksen automatisointiin, mutta on tärkeää pitää mielessä myös, että S5 PLC:tä ei enää valmisteta mikä tarkoittaa, että varaosien ja tuen saaminen vaikeutuu entisestään ajan mittaan. Vanhojen PLC:den päivittämisen tarjoamat mahdolliset kustannussäästöt, kuten esim. vähentyneet huoltokustannukset, pienempi energiankulutus sekä muut vanhentuneisiin laitteisiin liittyvät kulut tulee myös huomioida, sillä pidemmällä aikavälillä nämä säästöt ovat pääomakustannuksia suuremmat. Näin ollen PLC-laitteiden päivittäminen on suositeltavaa myös kustannustehokkuuden näkökulmasta, jos sahalaitosta aiotaan käyttää useita vuosia tulevaisuuteen.

Jatkotutkimus

Kolmen havaitun automaatiovian diagnosointi edellyttää vielä lisätutkimusta ja ensimmäinen ehdotettu askel tässä tutkimuksessa olisi asentaa vikapaikkoihin tarkasti ajoitetut tallentavat kamerat, jotka yhdessä tallennettujen signaalien/virheiden kanssa voisivat antaa arvokasta tietoa ongelmista ja tutkimuksen seuraavista vaiheista.