

Valtteri Räsänen

# Trimmerin teränvalvontajärjestelmän käyttöönotto

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka

2023



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Valtteri Räisänen
Työn nimi	Trimmerin teränvalvontajärjestelmän käyttöönotto
Toimeksiantaja	Jartek AI Oy
Vuosi	2023
Sivut	31 sivua
Työn ohjaaja(t)	Risto Kuitunen

## TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa sahalaitoksen tuorelajittelulinjan trimmerin teränvalvontajärjestelmä käyttäen tärinädiagnostiikkaa sekä käyttöönottaa kyseinen järjestelmä. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Jartek AI Oy, jonka asiakkaan tarpeesta työ suoritettiin. Työn tavoitteena on luoda asiakkaalle järjestelmä, jolla voidaan kerätä tietoa laitteen kunnosta ja tätä tietoa hyödyntäen luoda ennakkohuoltosuunnitelma terien tai laakerien vaihtoon, jotta voidaan estää yllättävät laitteen häiriö- sekä vikatilat.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa esitellään pääkohdittain kunnossapidon eri lajeja, niihin kuuluvia toimenpiteitä sekä sahalaitoksen laitososat ja niiden toimenkuvat. Työssä selostetaan laitteesta, johon diagnostiikkalaitteisto tulee vaikuttamaan, sekä laitteistosta, jota valvonnassa hyödynnetään. Myös tärinädatan analysoinnin eri menetelmiä esitellään.

Työssä syvennytään diagnostiikkalaitteiston konfigurointiin sekä parametrisointiin hyödyntäen laitevalmistajan omaa tätä varten tehtyä ohjelmaa. Toiminnallisena osuutena opinnäytetyössä käyttöönotettiin diagnostiikkalaitteisto toimeksiantajan asiakkaan sahalaitoksella.

Teränvalvonnan diagnostiikkajärjestelmä saatiin käyttöönotettua tavoitteiden mukaisesti ja laitteistolla päästään keräämään dataa laitteen kunnosta, joten opinnäytetyön tavoite saavutettiin. Tutkimus- sekä kehityskohteita kunnonvalvontajärjestelmään myös jäi, kuten esimerkiksi datan kerääminen tietokantaan sekä datan analysointi.

**Asiasanat:** sahalteollisuus, käyttöönotto, kunnossapito

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Valtteri Räsänen
Thesis title	Commissioning of trimmer blade surveillance system
Commissioned by	Jartek AI Oy
Time	2023
Pages	31 pages
Supervisor	Risto Kuitunen

## ABSTRACT

The purpose of this thesis was to implement a surveillance system for the blades of a trimmer in a sawmill's wet sorting line using vibration diagnostics and to commission the system. The thesis was commissioned by Jartek AI Oy, on behalf of their client. The goal of the thesis was to create a system for the client to collect information about the condition of the device and to use this information to create a preventative maintenance plan for blade or bearing replacement to prevent unexpected malfunctions and failures of the device.

At the beginning of this thesis the various types of maintenance and their procedures are presented, as well as the parts of a sawmill plant and their roles. The thesis describes the device on which the diagnostic system will have an impact as well as the equipment used in the surveillance. Various methods for analyzing vibration data are also presented.

The work discusses the configuration and parametrization of the diagnostic equipment utilizing the manufacturer's own software made for this purpose. The functional section of the thesis is the commissioning of the diagnostic equipment at the client's sawmill.

The blade surveillance diagnostic system was successfully commissioned according to the objectives, and data can now be collected on the condition of the device. The goal of this thesis was achieved. Research and development opportunities remain for the condition surveillance system, such as collecting data in a database and data analysis.

**Keywords:** sawmill industry, commissioning, maintenance

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO .....	6
2.1	Kunnossapito.....	6
2.2	Korjaava kunnossapito .....	7
2.3	Kuntoon perustuva kunnossapito.....	8
2.4	Jaksotettu kunnossapito .....	8
2.5	Parantava kunnossapito .....	9
2.6	Muu kunnossapito.....	9
3	SAHALAITOS .....	9
3.1	Tukkilajittelu.....	10
3.2	Sahaansyöttö ja sahalinja.....	10
3.3	Tuorelajittelu .....	11
3.4	Rimoitus.....	11
3.5	Kuivaamot.....	12
3.6	Kuivalajittelu.....	12
3.7	Paketointi.....	13
3.8	Sivutuotteet.....	13
4	LAITTEISTO .....	14
4.1	Trimmeri .....	14
4.2	Anturit sekä diagnostiikkalaitteisto .....	14
4.3	EtherCAT .....	15
5	TÄRINÄDATAN ANALYSOINTI.....	17
6	DIAGNOSTIIKKALAITTEEN KONFIGUROINTI .....	18
6.1	Asetukset.....	19
6.2	Parametrit .....	21
6.2.1	Tulot.....	21
6.2.2	Mittausobjektit.....	22

6.2.3	Mittausobjektimuunnokset .....	24
6.2.4	Historia.....	24
6.2.5	EtherCAT-parametrit.....	25
7	KÄYTTÖÖNOTTO .....	26
8	POHDINTA .....	29
	LÄHTEET.....	31

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihe tuli toimeksiantajan tarpeesta asiakkaalleen. Työn tavoitteena oli toteuttaa trimmerin terien kunnonvalvontajärjestelmä käyttäen tärinäanturointia sekä siihen liittyvää diagnostiikkalaitteistoa. Opinnäytetyössä esitellään järjestelmän laitteisto sekä syvennyttään diagnostiikkalaitteiston konfigurointiin ja parametrisointiin. Järjestelmän avulla on tarkoitus pystyä määrittämään ajankohta, jolloin ennaltaehkäiseviä huoltotoimenpiteitä tulee suorittaa trimmerin terille, jotta voidaan välttyä yllätyksellisiltä vahingoilta, kustannuksilta sekä linjan pysähdyksiltä. Tärinädiagnostiikka on hyvä työkalu pyörivien koneiden ja laitteiden kunnonvalvontaan, koska sitä esiintyy aina valvottavan kohteen kunnosta riippumatta. Tärinädiagnostiikalla pystytään toteamaan asioita, joita ei silmämääräisesti tai muilla mittauksilla pystytä toteamaan.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli vuonna 2020 perustettu Jartek AI Oy, joka on Jartek Group Oy:n tytäryhtiö. Yritys on erikoistunut sahateollisuuden automaatiojärjestelmien, lähinnä lajittelulaitosten, sähköiseen sekä ohjelmalliseen suunnitteluun ja toteutukseen.

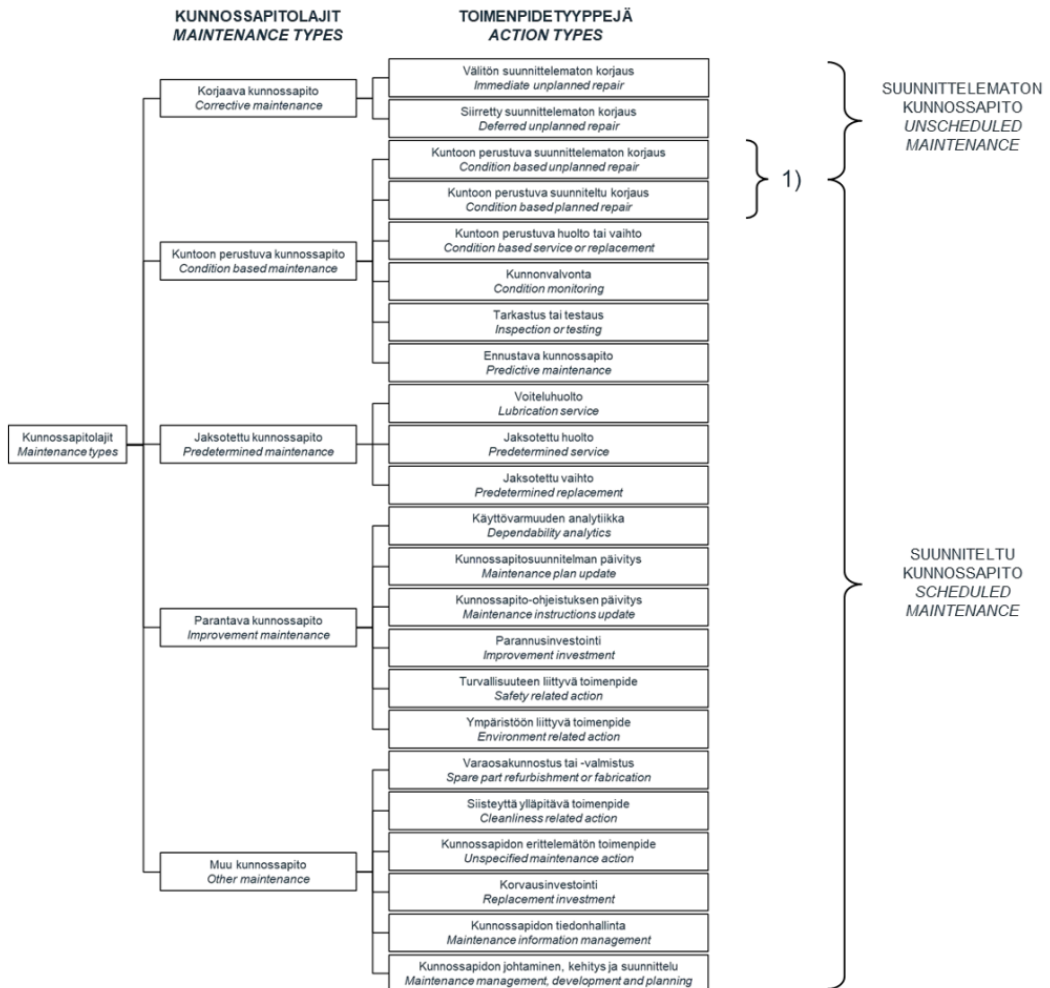
## 2 ENNAKOIVA KUNNOSSAPITO

Ennakoivan kunnossapidon tarkoituksena on kriittisten koneiden ja laitteiden ennalta-arvaamattoman vikaantumisen ehkäiseminen tai mahdollisten vikojen ja häiriöiden havaitseminen, ennen kuin ne pääsevät häiritsemään laitoksen tuotantoa tai aiheuttamaan mahdollisia turvallisuutta vaarantavia tilanteita. Ennakoiva kunnossapito pitää sisällään määräajoin suoritettavia kunnossapito toimenpiteitä, kunnonvalvontaa sekä kerättyyn tietoon perustuvaa ennustusta koneiden ja laitteiden tulevasta kunnosta. Ennakoiva kunnossapidon suoritettavaan määrään vaikuttaa hyvin merkittävästi sen kustannustehokkuus. (Nyholm, 2021.)

### 2.1 Kunnossapito

Kunnossapito voidaan jakaa standardin PSK-6201 mukaan viiteen eri kunnossapitolajiin ja toimenpidetyyppiensä mukaan alalajeihin, jotka puolestaan voi-

daan jakaa kahteen kunnossapidon päätyyppiin, suunniteltuun ja suunnittelemattomaan (kuva 1). Suunniteltu kunnossapito on ennakoivaa kunnossapitoa ja suunnittelematon kunnossapito on laitteen tai koneen ajon aikana ilmenneen vian tai häiriön korjaamista.



Kuva 1. Kunnossapitolajit (PSK-6201 2022, 26)

## 2.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavaan kunnossapitoon kuuluvat toimet, jotka suoritetaan vian tai häiriön ilmenemisen jälkeen. Korjaavan kunnossapidon tavoitteena on palauttaa korjattava kohde normaaliin toimintatilaansa. Vaadittu korjaustoimenpide voidaan suorittaa heti vian tai häiriön havainnoinnin jälkeen, tehden siitä välitöntä suunnittelematonta korjausta. Jos korjaustoimenpidettä ei vialle tai häiriölle pystytä suorittamaan heti havainnoinnin jälkeen tai ne eivät vaikuta kriittisellä tasolla tuotantoon, tulee siitä siirrettyä suunnittelematonta korjausta. (PSK-6201 2022, 27–28.)

### 2.3 Kuntoon perustuva kunnossapito

Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa kohdetta tarkkaillaan sekä valvotaan joko jatkuvasti tai määräajoin. Tarkkailussa tehtyjen havaintojen perusteella joko tehdään suunnitelmia ennakoivasta kunnossapidosta tai reagoidaan havaittuun ongelmaan ennen kuin siitä muodostuu tuotantoon vaikuttava häiriö tai vika. (PSK-6201 2022, 29.)

Kuntoon perustuvan kunnossapitoon kuuluvalla kunnonvalvonnalla tarkoitetaan kuluvien koneiden ja laitteiden mitattavien suureiden, kuten värinän, lämpötilan ja virran, seuranta ja arviointia normaaleissa käyntiolosuhteissa erinäisiä antureita käyttäen. Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa myös visuaalisesti laitteita ja koneita seuraamalla. Tärkeintä kunnonvalvonnan toimivuudelle sekä kannattavuudelle on tiedon kerääminen. Kerätyllä tiedolla pystytään arvioimaan koneiden ja laitteiden tulevaisuuden huoltotarpeet sekä mahdolliset ajankohdat huoltotoimenpiteille. (Vilhu 2022.) Kuntoon perustuvan kunnossapidon alalaji tarkastus ja testaus on hetkellisten arvojen mittaamista tai testaamista, mikä tekee siitä hyvin samanlaista kuin kunnonvalvonta (PSK-6201 2022, 31).

Kunnonvalvontaa automaattisin järjestelmin suorittaessa dataa voidaan kerätä esimerkiksi mahdollisten diagnostiikkalaitteiden sisäiseen muistiin tai tietokantaan, josta sitä voidaan datan käsittelyohjelmia käyttäen analysoida eri tavoin. Kerättyä dataa oikein analysoimalla voidaan kertoa se, kuinka kauan kuluvalla laitteella tai osalla on turvallista käyttöikä jäljellä. Tämän datan pitkäaikainen kerääminen sekä analysointi mahdollistaa ennakoivan kunnossapidon suunnittelun, mikä lisää tuotannon tehokkuutta sekä vähentää yllättäviä kustannuksia tuotantolaitoksissa. (Vilhu 2022.)

### 2.4 Jaksotettu kunnossapito

Jaksotetulla kunnossapidolla tarkoitetaan huollon toimenpiteitä, jotka suoritetaan tietyn ajan tai käyttömäärän välein ilman sen hetkistä huollettavan kohteen kunnonarviointia. Huoltotoimenpiteisiin voi kuulua osien vaihto, laitteistojen tai koneiden voitelua vaativien osien voitelu sekä jokin muu yksittäinen tai

monen toimenpiteen yhdistelmä. Näillä huoltotoimenpiteillä koneiden ja laitteiden vioittumistodennäköisyyttä pyritään vähentämään sekä niiden kulumista hidastamaan. (PSK-6201 2022, 32.)

## **2.5 Parantava kunnossapito**

Parantavalla kunnossapidolla pyritään parantamaan kunnossapidettävän kohteen toimintavarmuutta, turvallisuutta, kunnossapidettävyyttä sekä kunnossapidon kustannustehokkuutta muuttamatta kohteen toimintoa. Tähän kunnossapitolajiin kuuluvia toimenpiteitä ovat esimerkiksi kunnossapito-ohjeistuksen sekä suunnitelma päivitykset, parannusinvestoinnit ja käyttövarmuuden analytiikka. Parantavaa kunnossapitoa ovat myös toimenpiteet, joilla pyritään parantamaan kohteen ympäristö- sekä työturvallisuutta. (PSK-6201 2022, 32–33.)

## **2.6 Muu kunnossapito**

Muun kunnossapidon lajikategoriaan kuuluvat kaikki ne kunnossapidon toimenpiteet, joita ei voida määritellä mihinkään muuhun kunnossapidon lajiin. Tähän lajiin kuuluvat esimerkiksi siisteyden ylläpitäminen, varaosien kunnostus tai valmistus, korvausinvestointi, eli laitteen tai koneen vaihtaminen vastaavaan uuteen, tiedonhallinta sekä johtaminen, kehitys ja suunnittelu. Kunnossapidon tiedonhallintaa kuuluu ennakoivan kunnossapidon kannalta tärkeinä asioina dokumentointi, analytiikka, viestintä sekä kunnossapitojärjestelmien ylläpito. (PSK-6201 2022, 33–34.)

## **3 SAHALAITOS**

Sahalaitos on teollisuuslaitos, jossa puutavaraa käsitellään esimerkiksi lajittelemalla, sahaamalla, mittaamalla ja kuivaamalla. Sahalaitokset voivat olla tuotantokapasiteetiltaan suuri teollisuuslaitoksia tai pienempiä paikallisia sahoja. Tyypillisesti sahalaitokset koostuvat useammasta laitospokonaisuudesta, joihin kuuluvat yleisimmin: tukkilajittelu, sahaansyöttö, sahalinja, tuorelajittelu, riimoitus, kuivaamot, kuivalajittelu, paketointi sekä sivutuotteiden käsittely. (Varris 2017, 180)

### 3.1 Tukkilajittelu

Tukkilajittelu on sahalaitoksen ensimmäinen osa, jossa saapuvat tukkikuormat puretaan tukinlajittelijan vastaanottopöydälle. Lajittelussa operaattori suorittaa tukille visuaalista laatulajittelua ja automaatiojärjestelmät mittaavat tuotteesta pituuden, tyvi- ja latvaläpimitan, tilaavuuden sekä muita ulkomuotoon liittyviä asioita. Nykyisin, mittaustekniikoiden kehittyessä, kuuluvat mittaus- ja laadutusjärjestelmiin myös esimerkiksi röntgen- ja 3D-mittaukset. Näillä mittaustuloksilla voidaan tukki ohjata kyseiselle laatuluokalle valittuun tukkilokeroon. Lokeromäärä vaihtelee 30 ja jopa 120 välillä. Nykyiset mittauslaitteet sekä tarkentuneet asiakastarpeet ovat johtaneet suurien lokeromäärien tarpeeseen. (Varis 2017, 66.)

### 3.2 Sahaansyöttö ja sahalinja

Ennen sahalinjalle saapumistaan tukit kuoritaan kuorimakoneilla, jotta sahalinjalle jatkaessaan tukista on jäljelle vain puun runko, eli sen arvokkain osa. Kuorintakoneella myös tukin tyvi sievennetään lähemmäksi tukin muun rungon halkaisijaa. Kuorinnalla on myös tarkoitus poistaa tukista mahdolliset pinnalliset epäpuhtaudet kuten metalliset kappaleet ja kivet. Tukin sisällä olevien metallikappaleiden havainnointia varten on kuorinnan jälkeen sahaansyöttöön asetettu metallinilmaisim, jonka perusteella epäpuhtaat tukit siirretään pois linjalta jatkokäsittelyyn. (Varis 2017, 95.)

Yleisimmin sahalinja alkaa pelkkahakkurilla, jolla tukista poistetaan kaksi vastakkaisista sivua. Näin tukkiin saadaan valmiit pinnat sahausta varten sekä hacketta muuhun hyötykäyttöön. Näitä sahattuja pintoja käytetään myös linjan seuraavissa vaiheissa ohjauspintoina, jotta saadaan aikaiseksi mittatarkkaa tuotetta. (Varis 2017, 101.)

Varsinaisissa sahoissa on käytössä joko pyörösahaaja, vannesahaaja tai näiden yhdistelmiä. Pyörösahoissa on yksi tai kaksi akselia, johon pyöreät terät asetetaan. Sahausasete voi olla pyörösahassa joko kiinteä tai muuttuva. Kiinteä sahausasete asetetaan akselille käyttäen pyöröteriä ja välirenkaita. Muuttuvaasetteisten pyörösahojen asetteen muutokseen käytetään lineaariliikkeitä hydraulisi- tai sähköservoja. Sahalinjalla vannesahat asetetaan pareittain tukin kummallekin puolelle. Yleisimmissä sahalinjoissa vannesahat ovat muuttuva-

asetteisia, mutta suurille tukeille tarkoitetuissa sahalinjoissa ne voivat olla kiinteäasetteisia. (Varis 2017, 106.)

### **3.3 Tuorelajittelu**

Sahalinjan jälkeen on vuorossa sahatavaran tuorelajittelu. Tässä laitososassa erotellaan sahatavarakappaleet dimensioiden, eli mittojen, sekä laadun perusteella eri lajittelulokeroihin. Sahalinjalta tulevat kappaleet laadutetaan sekä sahataan trimmerillä sopivaan mittaan. Tässä vaiheessa sahatavaraa ei sahata vielä lopulliseen mittaansa, koska laitoksessa eteenpäin kulkiessaan se saattaa vaurioitua haitaten laadullisia asetteita. Tuorelajittelu on tapahtunut aikoihin pääasiassa mittojen perusteella, siksi sitä kutsutaan myös dimensiolajitteluksi. Nykyisten laatua määrittävien konenäköjärjestelmien mukana on tullut myös nimitys laatulajittelu. (Varis 2017, 128.)

Tuorelajittelulaitos vaatii paljon tilaa johtuen suurikokoisista lajittelulokeroista, siirto- ja välivarastokuljettimista sekä annostimista ja niihin liittyvistä laadutusjärjestelmistä. Lajittelulokeroston lukumäärä vaihtelee yleisesti 10–70 välillä. Lokeroiden lukumäärään vaikuttaa sahalinjalla ajettavien erien tuotteiden kappalemäärä, erien vaihtotiheys sekä rimoitukseen syötettävien kuormien koko. Kuten tukkilajittelussa, niin myös tuorelajittelussa lokeromäärät ovat kasvaneet mittauslaitteiden sekä tarkentuneiden asiakastarpeiden takia. (Varis 2017, 128–129.)

### **3.4 Rimoitus**

Rimoituslaitoksen tarkoituksena on koota tuorelajittelulokeroista saadut saman dimensioniset sekä laadutetut kuormat pakettiin, joka viedään kuivaamoon. Rimoituskoneessa ladotaan lautalauttoja ja välirimoja vuorotellen muodostaen rimapaketin. Nämä välirimat sekä lauttojen päädytys vuorotellen oikealle ja vasemmalle mahdollistavat kuivaamossa mahdollisimman tasaisen kuivausilman virtauksen paketin sisällä, joka johtaa mahdollisimman tasaisiin kosteusprosentteihin. Kuivaamoon lähtevät rimapaketit ladotaan mahdollisimman tasakokoisiksi paketeiksi. Valmiit rimapaketit ajetaan rimoituskoneen jälkeisille kuljettimille puskurivarastoon odottamaan kuivaamoon siirtoa. Siirto kuivaamoon tapahtuu joko siirtovaunuilla tai trukeilla. (Varis 2017, 136–138.)

### 3.5 Kuivaamot

Kuivaamoiden tarkoitus on poistaa tuoreesta puutavarasta ylimääräinen kosteus sekä tasoittaa erän sisäiset kosteuspoikkeamat mahdollisimman pienin kustannuksin. Kuivaus tapahtuu täysin keinotekoisin keinoin ilmaa kierrättämällä rimakuormien läpi. Kuivauksen vaatima lämpö tuotetaan sahalaitoksen sivutuotteita, kuten kuorta, purua tai haketta, hyödyntäen. Kuivaamo voi olla tyypiltään joko kamari- tai kanavakuivaamo. Kamarikuivaamot soveltuvat lähes kaiken puutavaran kuivaukseen, sillä ne voidaan mitoittaa mille tahansa sahatavarapaksuudelle sekä kuivausprosessi pystytään säätämään tarkasti kuivattavalle tavaralle. Kamarikuivaamossa rimakuormien on tarkoitus pysyä prosessikaavan mukaisissa olosuhteissa koko kuivauksen ajan. Kanavakuivaamoissa kuivattava kuorma ei pysy paikallaan samassa kuivausilmaolosuhteessa, vaan se liikkuu kuivaamon päästä toiseen vaihtuvissa olosuhteissa. Kuivausilmaolosuhteiden epätarkempi kontrolloiminen on kanavakuivaamoiden heikkous. (Varis 2017, 141–142.)

### 3.6 Kuivalajittelu

Kuivalajittelulinja alkaa kuivaamosta tulevien rimapakettien purkamisella siihen tarkoitettulla purkaushissillä. Purkaushissi nostaa kallistuneena rimakuormaa yksi lautakerros kerrallaan ylöspäin valuttaen laudat linjastolla eteenpäin kuljettimelle ja tiputtaen lautakerrosten välissä olleet rimat pois. Kuivalajittelulinjan seuraavassa vaiheessa laudat jaetaan yksittäisiin kolaväleihin käyttäen annostinta. Annostimen tehtävä on sille syötetystä lautalautasta poimia yksi kappale ja siirtää se yhteen kolaväliin. Näin lauta saadaan yksilöityä jatkokäsittelyä varten. Tästä pisteestä eteenpäin kuivalajittelulinja on hyvin samanlainen kuin tuorelajittelu. Saheiden pituus sekä laatu mitataan käyttäen kokenäköjärjestelmiä ja näitä mittaustuloksia käyttäen saheet katkaistaan automaattisen järjestelmän määräämästä kohdasta lopulliseen mittaansa ja samalla sahe saa lopullisen laatunsa. Saheen lopullista dimensiota ja laatua käyttäen sahe ohjataan määrättyyn lokeroon odottamaan viimeistä vaihettaan. (Varis 2017, 161.)

### 3.7 Paketointi

Kuivalajittelulokeroista sahatavara siirtyy paketointiin. Paketointikone ja sitä edeltävät kuljettimet ovat hyvin samanlaisia rimoituskoneen kanssa. Paketointikuljettimilla voi sijaita esimerkiksi saheen päätyleimaisinlaite sekä konenäköjärjestelmään perustuva saheen pituusmittaus. Toisin kuin rimapaketissa, ei sahatavarapakettissa välirimoja aseteta jokaisen lautalautta kerroksen väliin, vaan ne asetetaan muutaman kerroksen välein. Paketointikoneella on tärkeätä, että pakettiin ladotut lautakerrokset säilyvät mahdollisimman tasaisina, jotta paketti pysyy kasassa sekä sen ulkonäkö pysyy siistinä. (Varis 2017, 170–171.)

Sahatavarapaketin valmistuttua se siirtyy kuljettimilla vanteutuskoneelle. Vanteutuskoneella pakettia kuljettava kuljetin on useimmiten muutaman asteen kallellaan, jolla varmistetaan vanteettoman paketin kasassa pysyminen. Paketin vanteiden määrä riippuu sen pituudesta. (Varis 2017, 171.)

Vanteutuksen jälkeen paketti suojataan manuaalisilla tai automaattisilla järjestelmillä joko suojamuovilla tai paperilla. Suojauksen jälkeen paketti punnitaan sekä siihen kiinnitetään tarvittavat pakettietiketit, josta selviää paketin oleelliset tiedot. (Varis 2017, 173.)

### 3.8 Sivutuotteet

Sivutuotteita muodostuu runsaasti sahalaitoksilla. Käyttökelvottomat tukit ja saheet ajetaan hakkeeksi, purua syntyy aina sahattaessa ja tukkien kuoret otetaan talteen sahaansyötössä. Kaikki muodostuvat sivutuotteet käytetään hyödyksi. Kuorista lähes kaikki ja puruista osa käytetään polttoaineena sahalaitoksen lämpölaitoksissa. Tuotettua lämpöä käytetään hyödyksi kuivamoissa. Suurin osa tuotetusta hakkeesta sekä osa purusta myydään eteenpäin jatkojalostusta, kuten sellu-, paperi-, kuitu- sekä lastulevytuotantoa varten. Sahanpurua käytetään myös liikennekelpoisen bioetanolin valmistukseen. (Varis 2017, 45–46.)

## 4 LAITTEISTO

### 4.1 Trimmeri

Trimmeri, eli moniteräinen katkaisusaha, on osa sahatavaran tuore- sekä kuivalajittelulinjoja. Sen tehtävä on poistaa saheesta ylimääräinen puumateriaali, jotta saavutetaan lopullinen haluttu määrämitta sekä laadullinen ulkonäkö. Tämä on erityisen tärkeää asiakasvaatimusten täyttämiseksi ja puutavaran jatkokäytön helpottamiseksi. Terien etäisyys toisistaan on yleisimmin vakioitu moduulimitta, joka on 300 mm. Terien lukumäärä riippuu linjaston saheiden minimi- ja maksimipituudesta. Terät ovat pyöröteriä ja niitä ohjataan joko sähköisesti, hydraulisesti tai pneumaattisesti ylös ja alas. (Varis 2017, 165–166.)

Saheen katkaisukohdan määrää automaattinen laadutusjärjestelmä, jonka toiminta nykyisissä lajittelulinjastoissa perustuu kameratekniikan sovelluksiin. Laadutusjärjestelmällä kuvataan saheen kummatkin puolet, jotta siitä voidaan määrittää esimerkiksi vajasärmäisyys, oksien sijainnit sekä muut laadulliset virheet. Näitä tietoja hyödyntäen järjestelmä määrää trimmerille saheen katkaisukohdat. Katkaisu voidaan suorittaa kummastakin päästä sahetta tai se voidaan katkaista yhden tai kahden moduulin mittaisiksi kappaleiksi, jos järjestelmä määrää sen raakkikappaleeksi. (Varis 2017, 165.)

### 4.2 Anturit sekä diagnostiikkalaitteisto

Järjestelmän antureiksi oli, toimeksiantajan mekaniikkasuunnittelun puolesta, valittu IFM:n VSA001-kiihtyvyyssanturit. Kyseisessä järjestelmässä joudutaan mittaamaan mahdollisesti korkeataajuuksisia kiihtyvyyden muutoksia, johon tämä anturi kykenee. (Kiihtyvyyssanturi VSA001.) Anturi on tyypiltään MEMS, eli mikrosähkömekaaninen-anturi, joka tarkoittaa sitä, että sen sisällä on piijousilla ripustettuja piimassoja, jotka liikkuessaan ulkoisten voimien vaikutuksista aiheuttavat pieniä sähköisiä poikkeavuuksia, jotka voidaan mitata (Torkeli 2021). Eli kyseisellä anturilla mitataan värinän taajuutta sekä amplitudia eri akselisuunnissa.

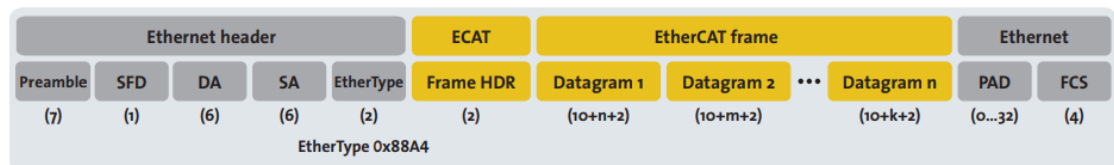
Diagnostiikkalaitteiksi valikoituivat IFM:n VSE152-diagnostiikkayksiköt värinäantureille, koska kyseinen malli on suoraan yhteensopiva toimeksiantajan

muun automaatiolaitteiston käyttämän EtherCAT-väylän kanssa. Yhdellä diagnostiikkayksiköllä pystytään seuraamaan sekä käsittelemään neljän tärinäanturin tuottamaa dataa. Diagnostiikkayksiköllä pystytään analysoimaan saatua raakaa dataa monella eri tavoin ja tätä käsiteltyä dataa voidaan lähettää eteenpäin väylän kautta esimerkiksi PLC:lle. Data tallentuu myös diagnostiikkalaitteen sisäiseen muistiin, josta sitä voidaan näyttää IFM:n omalla ohjelmistolla. (Diagnostiikkayksikkö tärinäantureille VSE152 s.a.)

### 4.3 EtherCAT

EtherCAT-väylä on Beckhoff Automationin kehittämä, vuonna 2003 julkaistu, teollisuusautomaation reaaliaikainen Ethernet-pohjainen kenttäväylä. Sen alkuperäisenä tavoitteena olivat lyhyet sykliajat, vähäinen signaalin hajoitus sekä matalat materiaalikustannukset. Nopeus ja luotettavuus tekevät siitä suosittua kenttäväylän teollisuusautomaatiossa. (EtherCAT Technology Group s.a.)

EtherCAT-pohjainen väylälaitteisto muodostuu master-laitteista, jotka koordinoivat väyläkommunikaatiota laitteiden välillä sekä slave-laitteista, jotka käyttävät tai tuottavat väylän dataa. EtherCAT käyttää viestinnässään standardia Ethernet-kehystä, jonka kuvaus on kuvassa 2. Väylän ja väylälaitteiden käynnistyessä master-laite kartoittaa väylän topologian sekä konfiguroi prosessidatan slave-laitteille. EtherCAT-väylä pystyy käsittelemään jopa tuhansia syklejä sekunnissa, mikä mahdollistaa nopean tiedonsiirron ja vasteajan, joka on erittäin tärkeää monissa teollisuusautomaation sovelluksissa. (EtherCAT Technology Group s.a.)

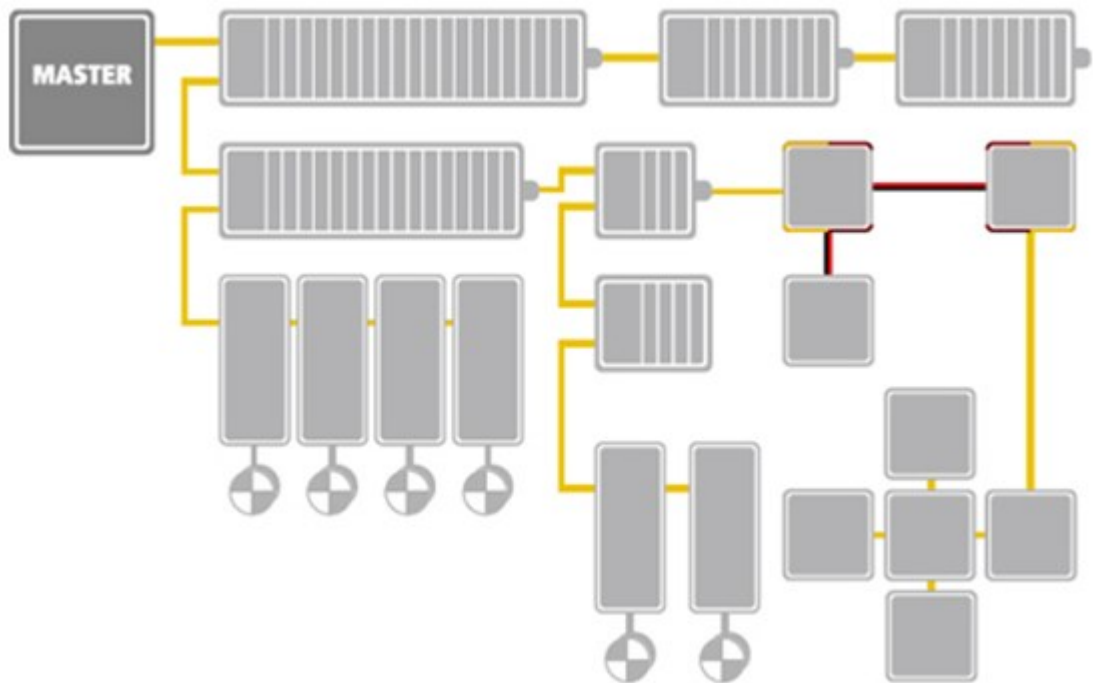


Kuva 2. EtherCAT-kehys (EtherCAT Technology Group s.a.)

Viestintä laitteiden välillä EtherCAT-väylässä toimii siten, että master-laitteesta lähetetään prosessidataa slave-laitteiden läpi. Prosessidata muokkautuu lennosta kulkiessaan slave-laitteiden läpi. Eli kyseiselle laitteelle allokoitua pro-

sessidatan osasta voidaan lukea dataa, jonka jälkeen samaan osaan prosessidataa voidaan kirjoittaa dataa samalta tai eri laitteelta. (EtherCAT Technology Group s.a.)

EtherCAT-väylä on joustava topologian suhteen, sillä se tukee linja-, puu-, tähti- sekä ketjutopologioita. Näitä eri topologiatyyppejä voidaan myös yhdistellä samassa väylässä. Esimerkkitopologia kuvassa 3. Joistain EtherCAT-väylälaitteista löytyy itsestään tarvittavat liitäntäportit väylän laajentamiseen, joten ylimääräisiä kytkimiä tai muita liitäntälaitteita ei vaadita. (EtherCAT Technology Group s.a.)



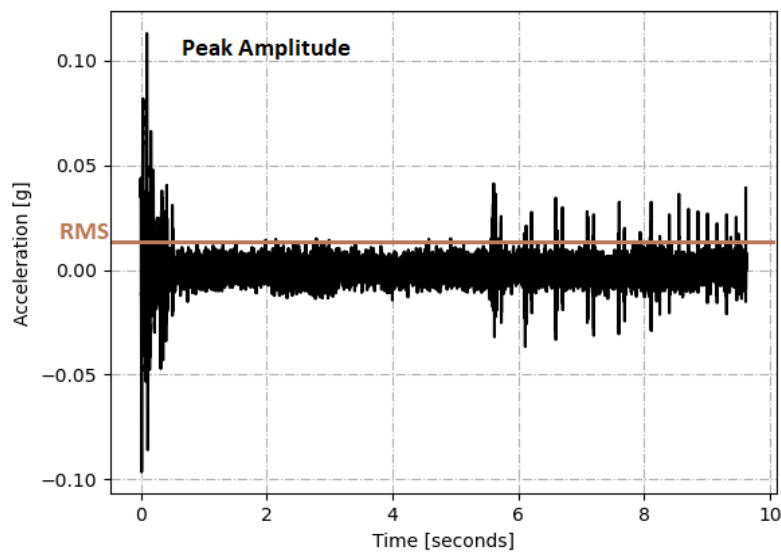
Kuva 3. EtherCAT-väylän mahdollinen topologia (EtherCAT Technology Group s.a.)

EtherCAT-väylä on myös kaapeloinnin suhteen joustava, joten väylän jokaisessa osassa voidaan käyttää juuri sopivaa tyyppiä. Alle 100 m kaapelivedoissa käytetään yleensä standardin CAT5e- tai CAT6-kaapeleita, jotka ovat kustannuksiltaan halpoja sekä helposti saatavissa ja asennettavissa. Pidemmässä kaapelivedoissa voidaan käyttää valokuitua. EtherCAT-väylä on myös yhteensopiva kaikkien Ethernet kaapelien kanssa. (EtherCAT Technology Group s.a.)

## 5 TÄRINÄDATAN ANALYSOINTI

Tärinädatan analysointi sisältää eri vaiheita, jotka ovat datan kerääminen, esikäsittely sekä varsinainen analysointi. Esikäsittely tapahtuu kohinan suodatuksella, keskiarvoistamalla, poikkeavuuksien poistamisella tai näiden eri yhdistelmillä. Tärinädataa analysoidaan monella eri tavalla riippuen laitteesta tai koneesta, josta dataa kerätään sekä siitä, mitä kohteesta halutaan valvoa.

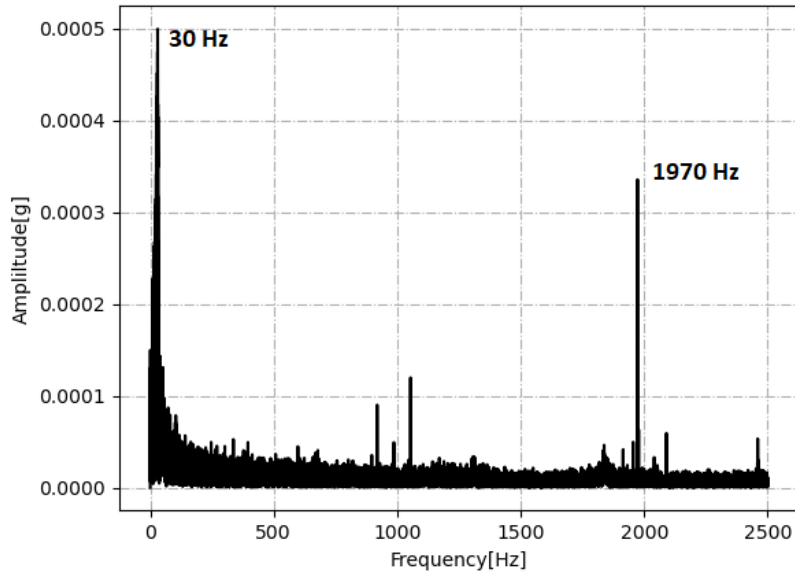
Aika-alueanalyysi pohjautuu tärinäsignaalin ajalliseen tarkasteluun. Esimerkki tärinäsignaalista ajanjaksossa kuvassa 4. Tärinädatasta tutkitaan aika-alueanalyysissä esimerkiksi sen tehollisarvoa, huippuarvoa, huippukerrointa sekä keskihajontaa. Näiden arvojen avulla pystytään koneen tai laitteen yleistä kuntoa arvioimaan, jos tiedetään kyseiselle kohteelle normaalikäytön aikainen tärinätaso. Tärinätason voi määrittää standardi tai laitevalmistaja. (TWI Ltd s.a.)



Kuva 4. Aika-alueellinen tärinädata (TWI Ltd s.a.)

Tarkempaa analyysiä tärinädatasta suoritetaan taajuusalueanalyysillä. Varsinkin monimutkaisemmissa laitteissa useammat pyörivät komponentit tuottavat monitaajuuksisen tärinädataseoksen. Taajuusalueanalyysi käyttää hyödykseen taajuusspektriä (kuva 5), joka saadaan käyttämällä Fourier-muunnosta tärinädatan ajasta riippuviin komponentteihin. Taajuusspektri kuvaa taajuuskomponenttien amplitudia. Taajuusalueanalyysi on erinomainen työkalu tä-

rinädatan poikkeavuuksien havaitsemiseen, koska pienet poikkeavuudet hukkuvat helposti aika-alueanalyysissä muiden komponenttien värinöiden alle.  
(TWI Ltd s.a.)



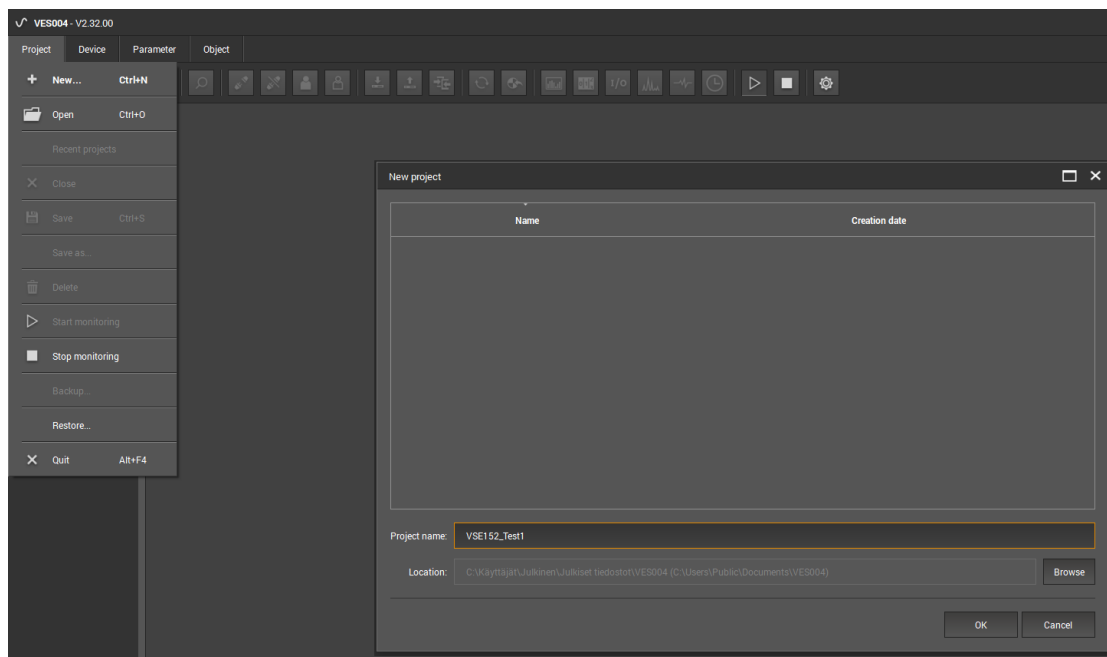
Kuva 5. Taajuusspektri (TWI Ltd s.a.)

## 6 DIAGNOSTIKKALAITTEEN KONFIGUROINTI

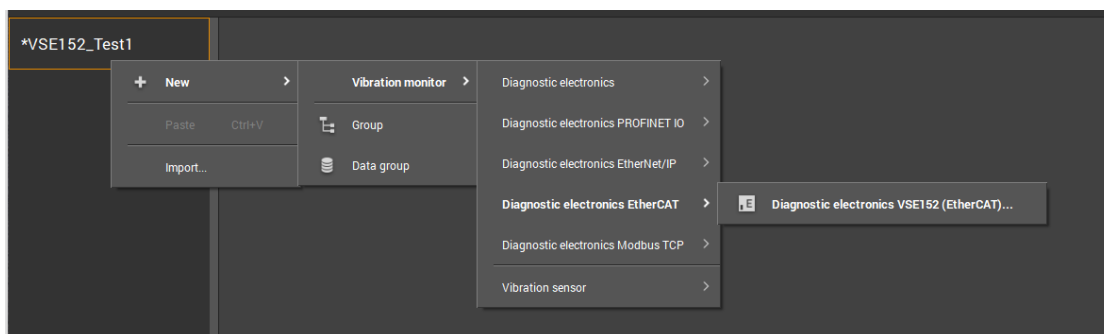
VSE152-diagnostikkalaitteen parametrisointi sekä muu konfigurointi suoritettiin VES004-ohjelmalla. Tämä on IFM:n oma ohjelma, jolla pääsee parametrisoimaan ja konfiguroimaan VSE-tuoteperheen diagnostikkalaitteita sekä näkemään niiden tuottaman datan.

## 6.1 Asetukset

Diagnostiikkalaitteen konfigurointi aloitettiin luomalla VES004-ohjelmassa uusi projekti kuvan 6 mukaisesti, jonka jälkeen juuri luotuun projektiin lisättiin haluttu laite kuvan 7 näyttämästä polusta.



Kuva 6. Projektin luonti VES004-ohjelmassa



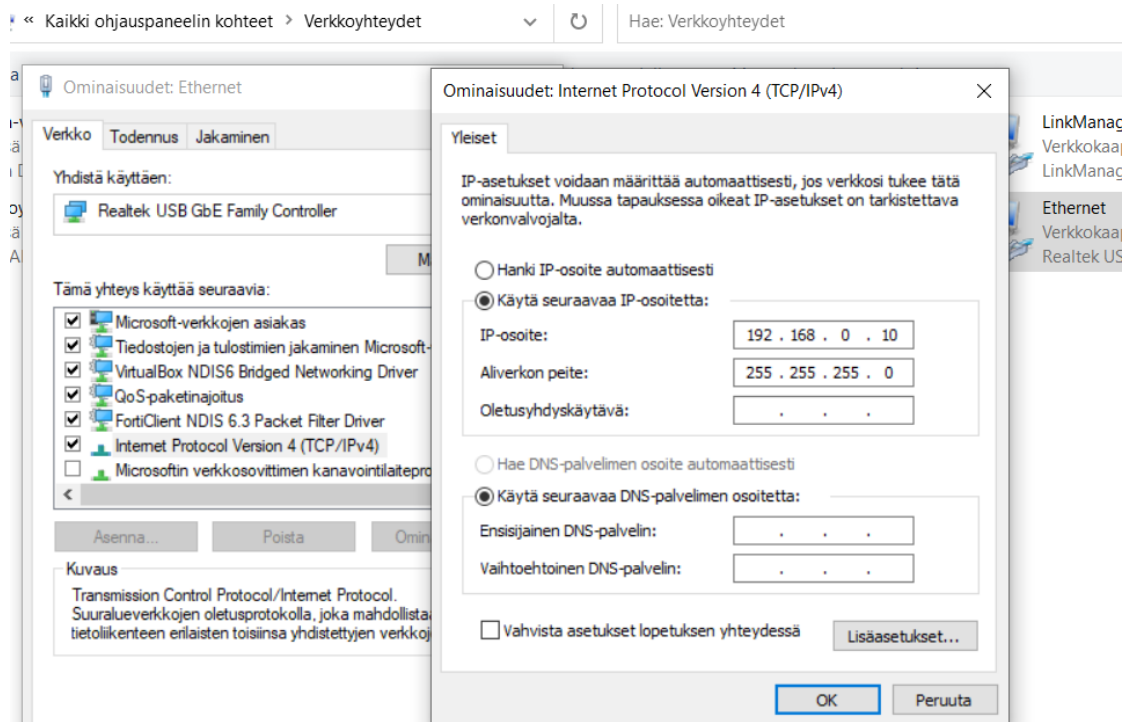
Kuva 7. Halutun laitteen lisääminen projektiin

VSE152-diagnostiikkalaitteessa on oma ethernet-portti konfiguroimista varten. Jotta konfigurointiportin kautta saa ohjelmasta yhteyden laitteeseen, tuli konfigurointiohjelmaa suorittavan laitteen LAN, eli lähiverkkoportin IPv4-osoite vaihtaa samaan osoiteavaruuteen konfigurointiportin kanssa. Diagnostiikkalaitteen LAN-portin IP-osoite on tehtaalta tullessaan asetettu 192.168.0.1 (kuva 8.), joten konfigurointi laitteen LAN-portin IP-osoite on oltava 192.168.0-alkuinen. Konfigurointilaitteen osoitteeksi asetettiin 192.168.0.10. LAN-portin IP-osoitteen vaihto kuvassa 9. Kun portin IP-osoite on vaihdettu sekä ethernet-

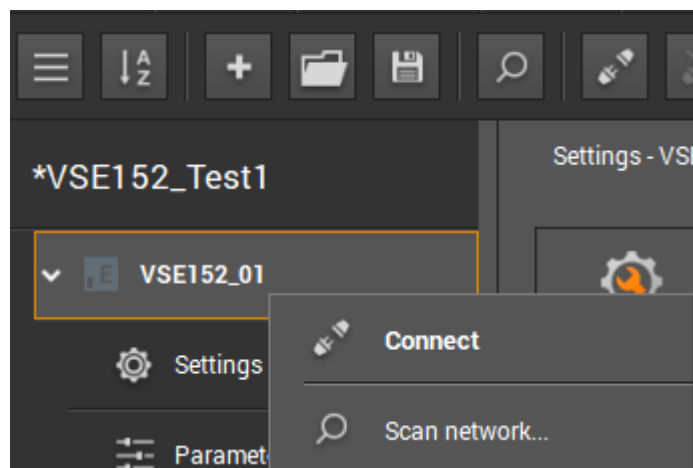
kaapeli kytketty laitteiden välille, tulee konfigurointiohjelmassa mahdolliseksi ottaa yhteys diagnostiikkalaitteeseen kuvan 10 mukaisesti.

VSE diagnostic electronics - Parameters	Factory setting
Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP)	off
IP-address / Port	192.168.0.1 : 3321
Subnet-mask	255.255.255.0

Kuva 8. Tehdasparametrit (Parametrintoimisto tärinädiagnostiikkaelektronikalle VES004 s.a., 19)



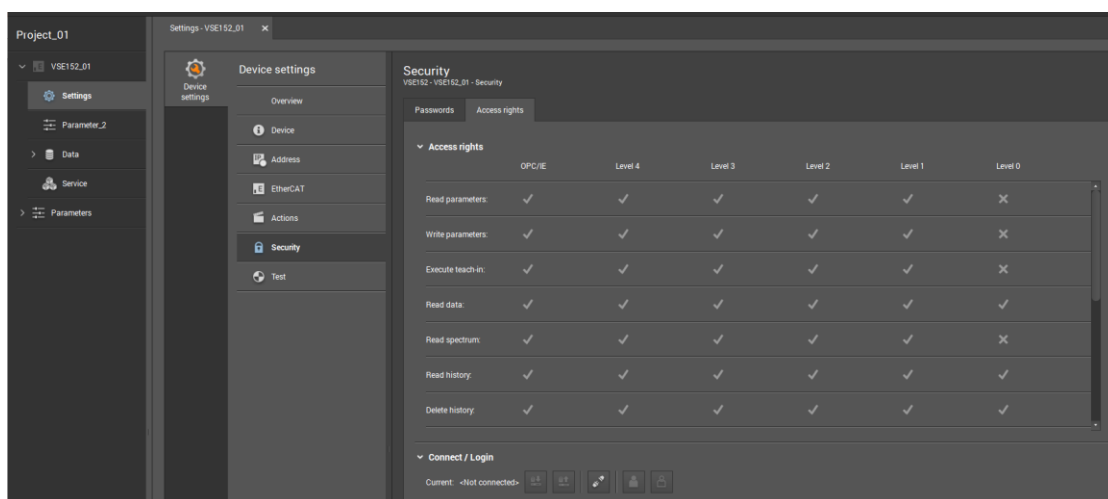
Kuva 9. IP-osoitteen vaihto



Kuva 10. Diagnostiikkalaitteeseen yhdistäminen

Laitteen Device settings -osiosta nähdään ominaisuuksia, kuten laitteen tyyppi, sarjanumero sekä laiteohjelmaversio. Samasta osiosta voidaan myös vaihtaa diagnostiikkaportin IP-osoitetta, ajaa keskeisiä komentoja laitteelle, kuten uudelleenkäynnistys sekä historiadata nollaus, sekä asettaa käyttäjätasoa ja niiden käyttöoikeuksia.

Diagnostiikkalaitteessa on viisi eri käyttäjätasoa (kuva 11), jotka ovat käytettävissä silloin, kun laitteeseen otetaan yhteys diagnostiikkaportin kautta. Diagnostiikkalaitteen asetuksista säädetiin käyttäjätasojen käyttöoikeudet olosuhteisiin sekä asiakkaan toiveisiin sopiviksi. Laitteen käyttöoikeuksiin kuuluvat esimerkiksi parametrien luku sekä kirjoitus, hetkellisten arvojen lukeminen, historiadata lukeminen ja poistaminen, tulojen muuttaminen, IP-asetusten muuttaminen sekä laitteen uudelleenkäynnistäminen.



Kuva 11. Laitteen käyttäjätasot

## 6.2 Parametrit

Parametreista määritetään laitteen datan saamiseen, käsittelemiseen, lähettämiseen sekä varastointiin liittyvät asetukset. Tässä osiossa käydään läpi parametreista oleellimmat tämän työn suhteen.

### 6.2.1 Tulot

Inputs-välilehdeltä pystyy määrittämään diagnostiikkalaitteen fyysisien porttien tai väylän kautta tulevia tuloja. Kuvassa 12 on laitteelle määritetty dynaamisia tuloja, eli tärinäantureita, neljä kappaletta, joka on maksimimäärä yhdelle

VSE152-diagnostiikkalaitteelle. Analogia tuloja ei ole käytössä, mutta niiden kautta voitaisiin laitteelle antaa esimerkiksi moottorin pyörimisnopeus virta- tai jänniteviestinä. Exterenal inputs eli ulkoiset tulot ovat väylän kautta saatuja tietoja. Kuvan kuusi tapauksessa väylän kautta saadaan suoraan kokonaislu-  
kuna moottorin pyörimisnopeus.

The screenshot shows the 'Overview' page for 'VSE152 - Parameter\_2'. The left sidebar contains navigation icons for 'Common configuration', 'Inputs', 'Triggers', 'Objects', 'Variants', 'Counters', 'History', 'Alarms', and 'EtherCAT'. The 'Inputs' section is expanded, showing 'Dynamic inputs (AC)', 'Analogue inputs (DC)', and 'External inputs'. The 'Dynamic inputs (AC)' table is as follows:

ID	Name	Type	Scaling	Filter
01	Sensor 1	VSA001/2/4/5/6/7/8	25 g	Highpass 10 Hz
02	Sensor 2	VSA001/2/4/5/6/7/8	25 g	Highpass 10 Hz
03	Sensor 3	VSA001/2/4/5/6/7/8	25 g	Highpass 10 Hz
04	Sensor 4	VSA001/2/4/5/6/7/8	25 g	Highpass 10 Hz

The 'Analogue inputs (DC)' table is as follows:

ID	Name	Type	Reference	Value
01	IN 1	—	—	—
02	IN 2	—	—	—

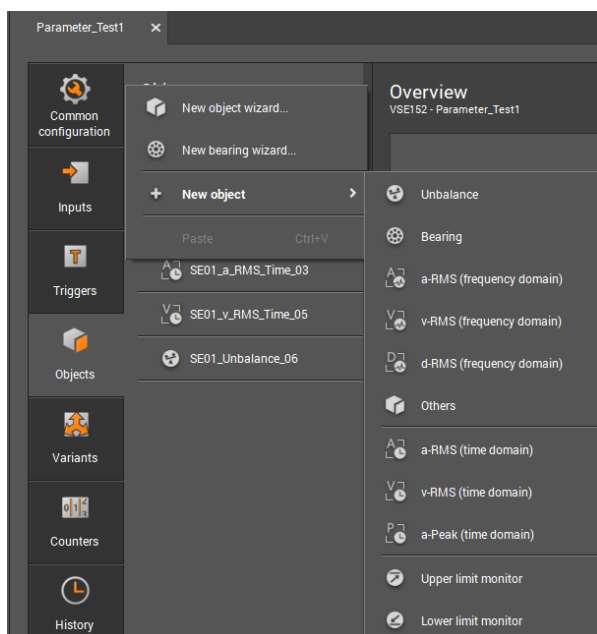
The 'External inputs' table is as follows:

ID	Name	Initial value	Engineering unit
02	External_SpeedIn	0 rpm	rpm

Kuva 12. Määritettyjä sisääntuloja

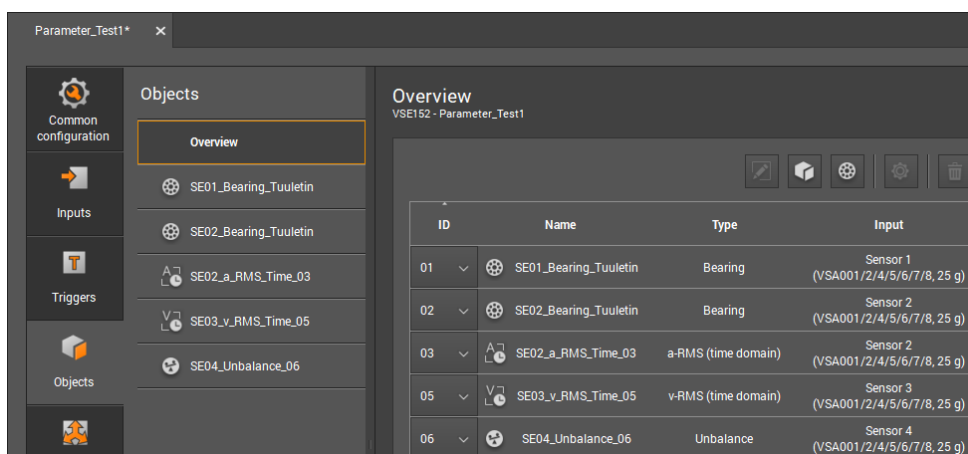
## 6.2.2 Mittausobjektit

Diagnostiikkalaitteen datankäsittelyyn määritetään erilaisia mittausobjekteja, joilla värinäanturilta saatua raakadataa voidaan käsitellä monin eri tavoin. Mittausobjektit esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Mittausobjektit

Tässä työssä käytettiin unbalance- ja bearing-, eli epätasapaino ja laakeri, sekä kahta time domain -mittausobjektia, a-RMS ja a-Peak, eli kiihtyvyyden neliöllisen keskiarvon ja huippuarvon aika-alueanalyysiä. Epätasapaino- ja laakerimittausobjektit perustuvat taajuusalueanalyysiin. Jokaiselle mittausobjektille täytyy määrittää anturi, jonka raakadataa kyseinen objekti käsittelee, joten haluttaessa käsitellä jokaiselta anturilta saatua dataa samalla tyyllillä, tulee mittausobjekti monistaa ja määrittää sille eri anturi.



Kuva 14. Määritetyt mittausobjektit

Mittausobjekteille on erilaisia asetuksia, joilla voidaan määrittää datan esikäsittelyn parametrejä, liipaisimia datan käsittelyn aloittamiseen sekä lopettamiseen sekä raja-arvoja hälytyksille. Laakeri-mittausobjektilla on olemassa myös ali-mittausobjekteja, joilla määritetään laakerin eri osille taajuuskertoimia.

IFM:llä on laaja kirjasto laakereista ja niiden taajuuskertoimista sisäänrakennettuna ohjelmaan, josta laakeri-mittausobjektia määrittäessä kyseiset tiedot saadaan suoraan, jos mitattavan laakerin DIN-koodi tiedetään. Muussa tapauksessa laakerivalmistajien sivuilta löytyy tietoja taajuuskertoimista, jotka voidaan käsin syöttää ohjelmaan.

### 6.2.3 Mittausobjektimuunnokset

Variants-välilehdeltä määritetään muunnokset siitä, koska tietyt mittausobjektit halutaan olevan aktiivisena. Aktiivista varianttia pystytään vaihtamaan VES004-ohjelman kautta, jos on kirjaututtu käyttäjätasolle, jolla sen muuttaminen on mahdollista. Väylän kautta on myös mahdollista muuttaa aktiivista varianttia. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää esimerkiksi tilanteissa, joissa vain tietyillä ehdoilla halutaan kerätä diagnostiikkadataa.

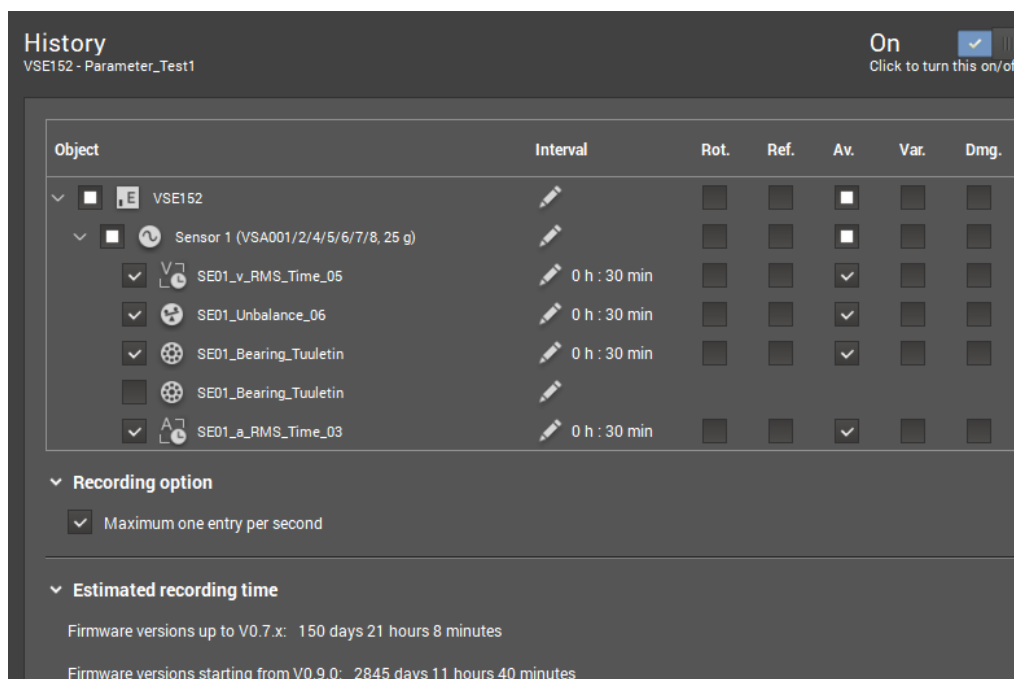
	Variant 0	Variant 1	Variant 2	Variant 3	Variant 4	Variant 5	Variant 6	Variant 7	Variant 8	Variant 9	Variant 10	Variant 11	Variant 12
SE01_Bearing_Tuuletin	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SE01_v_RMS_Freq_02	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SE01_a_RMS_Time_03	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SE01_v_RMS_Time_05	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
SE01_Unbalance_06	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Kuva 15. Varianttimäärytykset

### 6.2.4 Historia

Diagnostiikkalaitteessa on varattuna sisäistä muistia käsitellyn datan varastointiin. History-välilehdeltä määritetään, miltä anturilta, mittausobjektilta, kuinka usein ja mitä arvoja historiaan talletetaan. Samalta sivulta määritetään myös datapisteiden keräystiheys. Mitä tiuhemmin dataa kerätään, sitä lyhyem-

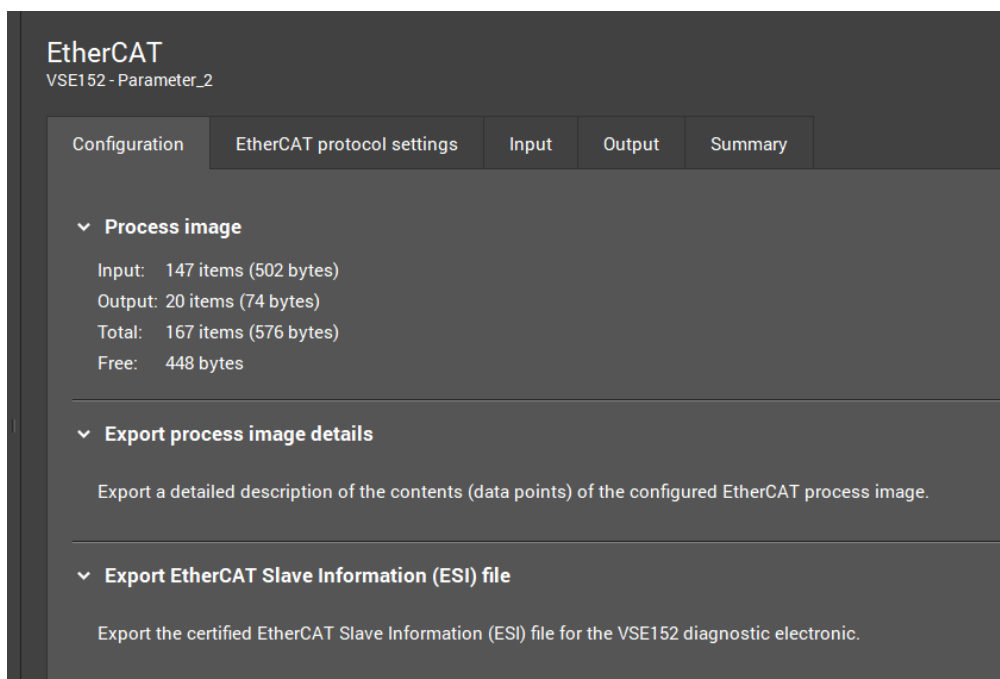
mältä ajalta dataa saadaan talteen laitteen omaan muistiin. Historiadata tallennuu FIFO-periaatteella toimivaan rengasmuistiin, joten muistin tullessa täyteen laite automaattisesti poistaa vanhaa dataa ja jatkaa uuden datan kirjoittamista. Historiadataa voidaan myös lähettää väylään samalla taajuudella, kuin sitä talletetaan laitteen muistiin. Väylän kautta historiadataa voidaan lähettää esimerkiksi tietokantaan, johon varsinkin suuremmalla talletustiheydellä, mahtuu huomattavasti pidemmältä ajalta dataa.



Kuva 16. Historian asetukset

### 6.2.5 EtherCAT-parametrit

EtherCAT-välilehdeltä (kuva 17) nähdään prosessidatan kuvan koko kokonaisuudessaan, asetetaan väylän protokolla asetukset sekä määritetään väylän tulot sekä lähdöt. EtherCAT-protokolla asetuksista määritetään väylän tavujärjestys, minkä tyyppisenä data lähetetään ja otetaan vastaan ja arvojen kertoimet sekä yksiköt. Yksiköitä ei lähetetä väylään. Tulot ja lähdöt ovat EtherCAT master-laitteen näkökulmasta. Tämä tarkoittaa, että tulot ovat diagnostiikkalaitteelta lähetettäviä arvoja ja lähdöt ovat laitteen vastaanotettavia arvoja. Yhteenveto sivulla nähdään kokonaisuudessa kaikki mitä väylän prosessidataan sisältyy.



Kuva 17. EtherCAT-välilehden näkymä

## 7 KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönotto aloitettiin jo ennen asennuskohteeseen pääsemistä toimeksiantajan testitiloissa. Esitöihin kuuluivat alihankkijan valmistaman, diagnostiikkalaitteille tarkoitetun, kenttäkotelon kytkentöjen tarkistaminen sekä parametrien kirjoittaminen laitteisiin. Diagnostiikkalaitteiston parametrisointi suoritettiin ennen varsinaista laitteiston asennusta, jotta laitteiston käyttöönotto työmaalla sujuisi mahdollisimman sujuvasti.

Diagnostiikkalaitteiston käyttöönotto suoritettiin uuden tuorelajittelulinjaston käyttöönoton aikana. Tämän takia jouduttiin turva-alueen aitaukseen tekemään väliaikainen muutos, josta sovittiin pääurakoitsijan vastaavan projekti-päällikön kanssa. Tämän mekaanisen muutoksen ansiosta saatiin koko käyttöönottoprosessi tehtyä täysin häiritsemättä tuotantoa, mutta kuitenkin niin, että alueen turvallisuus pysyi. Laitteiston anturointi sekä anturoinnin kaapelointi oli suoritettu ennen kuin laitos oli jo tuotantoajossa. Diagnostiikkalaitteiston suunniteltiin sekä asennettiin paikan päällä 230V sähkönsyöttö sekä väyläkaapelointi. Väylän liityntä olemassa olevaan järjestelmään sekä sähkönsyöttö otettiin lähellä sijaitsevasta kenttäkotelosta. Kotelo asennutettiin paikalleen pääurakoitsijan mekaniikka asentajan toimesta. Kotelon asentamisen hel-

pottamiseksi kotelosta irrotettiin aluslevy, jossa kaikki sen sisältämät komponentit olivat kiinni (kuva 18). Kyseisessä kuvassa näkyy myös turva-alue, johon kotelo asennettiin.

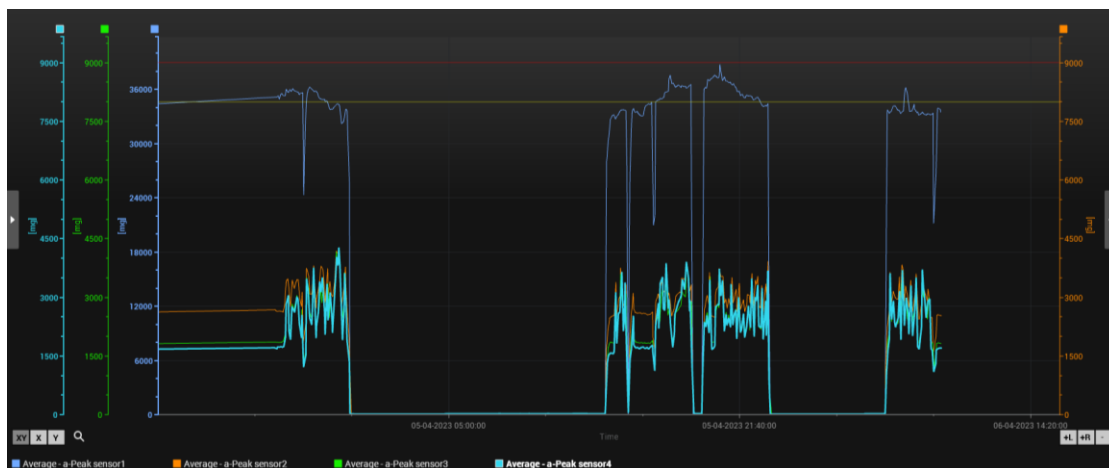


Kuva 18. Kotelo asennusvalmiudessa

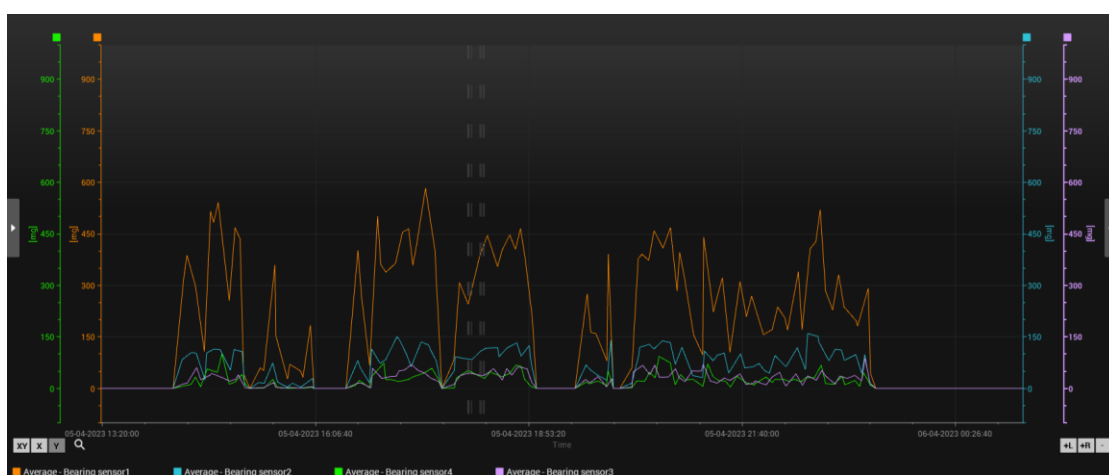


Kuva 19. Kotelo asennettuna ja kytkettynä

Käyttöönoton seuraavassa vaiheessa testattiin ja todettiin diagnostiikkalaitteiston sekä -anturoinnin toimivuus. Tuorelajittelulinjaston ja trimmerin käydessä diagnosoitavaa tärinädataa oli tarjolla laitteistolle. Toimivuus todettiin yhdistämällä VES004-ohjelmalla varustettu laite, tässä tapauksessa kannettava tietokone, laitteen diagnostiikkaporttiin. Ohjelmassa seurattiin antureiden tuottamaa ja mittausobjektien analysoimaa dataa ja todettiin laitteisto toimivaksi. Diagnostiikkalaitteiston annettiin kerätä dataa muutaman tunnin ajan, jonka jälkeen katsottiin laitteen keräämän datan historia, joka näytetty kuvissa 20 ja 21.



Kuva 20. Kiihtyvyyden huippuarvoja historiasta



Kuva 21. Laakerimittausobjektin arvot historiasta

## 8 POHDINTA

Työn tavoitteena oli käyttöönottaa toimeksiantajan asiakkaalle tuorelajittelulinjan trimmerille teräpäiden kunnonvalvontalaitteisto käyttäen IFM:n diagnostiikkalaitteistoa sekä värinäantureita. Käyttöönotto suoritettiin testituotantoajossa olevassa laitoksessa ilman, että tuotantoon aiheutettiin häiriöitä. Etukäteen mietittynä suurin haaste oli diagnostiikkalaitteiston kotelun asennus näin myöhäisessä vaiheessa laitoksen käyttöönottoa sekä kotelolle määrätty sijainti turva-alueen aitojen sisäpuolella. Tämä osoittautui kuitenkin turhaksi huoleksi. Trimmerin turva-alueen aitaan saatiin vaivatta tehtyä muutos, joka ei vaikuttanut alueen turvallisuuteen merkittävällä tasolla. Kotelolle saatiin myös nopealla aikataululla mekaaninen asentaja. Sähköinen asennus kotelolle sujui ongelmitta.

Diagnostiikkalaitteiston käyttöönotto sujui asennusten ja kytkentöjen jälkeen hyvin. Laitteiston asetuksiin sekä parametreihin ei jouduttu tekemään muutoksia käyttöönoton aikana. Kerätystä datasta huomattiin heti yhden terän mittausobjektien arvojen poikkeavan huomattavasti muista. Tämä näkyy kuvissa 20 ja 21 ensimmäisen anturin historiadatan arvoista. Syyksi tälle mittausarvon poikkeavuudelle epäiltiin terän kulutuspalan irtoamista tai terän laadullista virhettä, mutta asiaa ei selvitetty tai tutkittu käyttöönoton aikana eikä sen jälkeen.

Tutkittavaksi diagnostiikkalaitteiden osalta tämän käyttöönoton jälkeen jäi epätasapainomittausobjektin toimimattomuus sekä kiihtyvyyden a-RMS-mittausobjektin toimimattomuus toisinaan joka laitteen neljännen anturin kohdalla. Jatkotutkimusta projektiin tulee kerätyn datan suhteen. Samanlaista laitteistoa ei ole toimeksiantajan puolesta aikaisemmin tehty, joten kerätyllä datalla ei voida käytännössä vielä todeta trimmerin terien kunnosta mitään. Tämä tieto tullaan aikanaan saamaan käsiimme, kun muutama terä ajetaan käytössä vialliseksi sekä saadaan niistä laitteiston keräämä data talteen.

Asennusajankohta kotelolle sekä kaapeloinnille tulisi jatkossa olla huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa laitoksen käyttöönottoa, jotta välttyttäisiin ylimääräisiltä turva-alueiden muutoksilta ja varsinaisen laitteiston käyttöönotto sujuisi huomattavasti nopeammin aikataulullisesti. Diagnostiikkadataa tulisi myös kerätä tietokantaan väylän kautta, jotta sitä saataisiin kerättyä pidemmältä aikajaksolta, sitä saataisiin näkyviin helpommin sekä siihen päästäisiin käsiksi helpommin.

## LÄHTEET

Diagnostiikkayksikkö tärinäantureille VSE152. s.a. Ifm electronic Oy. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.4.2023. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/product/VSE152> [viitattu 6.4.2023].

EtherCAT Technology Group. s.a. EtherCAT – the Ethernet Fieldbus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ethercat.org/en/technology.html> [viitattu 7.4.2023].

Kiihtyvyyssanturi VSA001. Ifm electronic Oy. s.a. WWW-dokumentti. Päivitetty 13.4.2023. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/product/VSA001> [viitattu 6.4.2023].

Nyholm, J. 2021. Mitä on ennakoiva kunnossapito. Blogi. Päivitetty 11.5.2021. <https://blog.pinja.com/mita-on-ennakoiva-kunnossapito> [viitattu 20.4.2023].

Parametrintiohjelmisto tärinädiagnostiikkaelektronikalle VES004. s.a. Ifm electronic Oy. PDF-dokumentti. Päivitetty 2019. Saatavissa: <https://www.ifm.com/fi/fi/product/VES004?tab=documents> [viitattu 7.4.2023].

PSK Standardisointiyhdistys ry. 2022. Standardi PSK 6201, Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät.

Torkkeli, A. 2021. Pikkusormen pään kokoon puristettu MEMS-anturi kykenee atomitason mittaustarkkuuteen. Blogi. Päivitetty 23.3.2021. MEMS <https://muraatafinland.com/blog/pikkusormen-paan-kokoon-puristettu-mems-anturi-kykenee-atomitason-mittaustarkkuuteen/> [viitattu 6.4.2023].

TWI Ltd. s.a. What is vibration analysis and what is it used for? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/vibration-analysis> [viitattu 3.5.2023].

Varis, R. 2017. Sahateollisuus. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys ry.

Vilhu, V. 2022. Kunnonvalvonta on osa nykyaikaista teollisuuden kunnossapitoa. Blogi. Päivitetty 26.4.2022. <https://blog.pinja.com/kunnonvalvonta-on-osa-nykyaikaista-teollisuuden-kunnossapitoa> [viitattu 20.4.2023].