



Petteri Tätilä

Kenttäinstrumenttien ylätason kunnonvalvonnan hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Älykäs teollisuus

30.11.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Petteri Tätilä
Otsikko:	Kenttäinstrumenttien ylätason kunnonvalvonnan hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa
Sivumäärä:	77 sivua + 22 liitettä
Aika:	30.11.2022
Tutkinto:	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma:	Älykäs teollisuus
Ammatillinen pääaine:	
Ohjaajat:	Lehtori Jukka Karppinen Kunnossapitopäällikkö Kari Siirtola (AEF)

Työn aiheena on tutkia ABB 800xA integroitavan Field Information Manager (FIM)-työkalun hyödyntämistä kenttälaitteiden ennakoivan kunnossapidon tukena.

Nykyään monissa tuotantolaitoksissa on käytössä erilaisia *stand alone* tai automaatiojärjestelmän kylkeen liitettäviä parametrinti- ja diagnostiikkatyökaluja kenttälaitteille. Ohjelmistot eivät tuota jatkuvaa dataa, vaan vaativat manuaalisesti tehtäviä toimia. Työkaluista ei löydy valmista rajapintaa, joka mahdollistaisi tiedonsiirron kolmannen osapuolen järjestelmiin. Työkalujen tiedonkeruuta rajoittavat myös eri tiedonsiirtoprotokollat ja liitännät, jolloin kaikki kenttälaitedata ei ole saatavilla.

Field Information Managerin avulla kenttälaitteiden tuottama data voidaan syklisesti hakea kaikista automaatiojärjestelmään liitettävistä älykkäistä kenttälaitteista. Työkalusta löytyy myös valmis tiedonsiirtorajapinta OPC:n välityksellä, mikä mahdollistaa tiedonsiirron eri tietokantoihin ja järjestelmiin, kuten kunnossapitojärjestelmään.

Tutkimusta varten luodaan tiedonkeruu Agnico Eagle Finland Oy:n painehapetusprosessin kenttälaitteille. Tutkimuksessa keskitytään NE107-tilakoodien hyödyntämisen arviointiin ja eri laitetypeltä kerättävien muuttujien valintaan ennakoivan kunnossapidon näkökulmasta.

Tutkimuksesta käy myös ilmi, kuinka eri laitekohtaisia muuttujia voidaan hyödyntää laitteiden kunnonvalvonnassa ja miten AEF:n kunnonvalvontaa voidaan kehittää uusia työkaluja käyttäen. Tutkimustyön tulos toimii myös ohjeena ja standardina työkalun käyttöön ja kehitykseen.

Avainsanat: FIM, 800xA, ennakoiva kunnossapito, kunnossapito, OPC, AEF

Abstract

Author:	Petteri Tätälä
Title:	The Utilisation of upper level condition monitoring of field instruments in preventive maintenance
Number of Pages:	77 pages + 22 appendices
Date:	30 November 2022
Degree:	Master of Engineering
Degree Programme:	Intelligent Industrial Solutions
Professional Major:	
Supervisors:	Jukka Karppinen, Senior Lecturer Kari Siirtola, Asset Manager (AEF)

The subject of this thesis is to research different ways to utilize ABB 800xA integrated Field Information Manager (FIM) tool to support preventive maintenance.

Nowadays there are many different types of stand alone or DCS integrated field device diagnostics or parametrization tools. Many of these tools do not support continuous data transfer and demand human interaction. Also there are no built-in interfaces for other systems. Furthermore there are multiple limitations for data transfer protocols and device interfaces which limit device accessibility.

With Field Information Manager, the instrument and other field device data can be cyclically read using DCS as a gateway. The tool has a built-in OPC UA interface which enables transferring specific data to other databases and systems like data warehouses and ERP. Part of this research is to establish communication between FIM and Agnico Eagle Finland's pressure oxidation field devices. The research focuses on NE107 status code usability valuation and how to determine device type variables which will be added to cyclic data transfer in the future.

This research will also give suggestions on how certain device variables could be used to support condition monitoring as a part of preventive maintenance. It also suggests what should be taken into account when new field devices or device related tools are acquired. The result of this research works also as a guide or standard for using and developing FIM.

Keywords:	FIM, 800xA, condition monitoring, preventive maintenance, OPC, AEF
-----------	--

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimusongelma	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	2
1.3	Tutkimuksen rajaus	2
1.4	Käytetyt tutkimusmenetelmät	3
2	Agnico Eagle Finland Oy	3
3	Ennakoiva kunnossapito ja kunnonvalvonta	4
3.1	Kriittisyysluokittelu	5
3.2	Kenttälaittehäiriöiden kustannusvaikutukset	7
4	Kunnonvalvontadata	8
4.1	ABB 800xA	9
4.2	FIM	14
4.2.1	HART	21
4.2.2	OPC	26
4.2.3	NAMUR NE107	32
4.3	AVEVA PI järjestelmä	34
4.4	JDE	36
5	Järjestelmän käyttöönotto ja tiedonkeruu	37
5.1	FIM käyttöönotto	37
5.2	Sähköpostihaastattelut	45
5.2.1	Valmet - ND9000	46
5.2.2	Endress&Hauser kenttälaitteet:	47
6	Aineiston analyysi	48
6.1	Lähtötilanne	48
6.2	Laiteparametrien tutkiminen ja tiedonkeruun valmistelu	53
6.3	Laitekohtaisten muuttujien hyödyntäminen ja kriittisyysluokittelu	62
6.4	NAMUR NE107 -tilan hyödyntäminen	64
6.5	Diagnostiikan jatkokehitys – AVEVA PI-järjestelmä	69

6.6	Laitetyyppien kunnonvalvontamuuttajat	70
7	Pohdinta ja johtopäätökset	71
8	Lähdeluettelo	75

Liitteet

Liite 1: Koontitiedosto laitetiedoista

Liite 2: FIM tila-export

Liite 3: Kerättävät laitemuuttajat

Liite 4: Laitemuuttujien lisätiedot

Lyhenteet

AD:	<i>Active Directory</i> . Käyttäjähakemisto, jonne varastoidaan yrityksen sisäverkon henkilökunnan käyttäjätunnukset ja muut perustiedot.
AEF:	<i>Agnico Eagle Finland Oy</i> . Kultakaivos Kittilässä. Opinnäytetyön toimeksiantaja.
AS:	<i>Aspect Server</i> . ABB 800xA aspektipalvelin.
BHS:	<i>Basic History Server</i> . ABB 800xA perushistoriapalvelin.
CS:	<i>Connectivity Server</i> . ABB 800xA liityntäpalvelin.
DD:	<i>Device Description</i> . Laitekuvaus ja HART-tapauksessa vielä laitekuvaustiedosto, joka pitää sisällään HART-käskyt ja tietokentät.
ERP:	<i>Enterprise Recourse Planning</i> . Toiminnanohjausjärjestelmä.
ES:	<i>Engineering Station</i> . ABB 800xA insinööriasema.
FIM:	<i>Field Information Manager</i> . ABB:n Ability tuoteperheeseen kuuluva työkalu, joka mahdollistaa kenttälaitteiden diagnosoinnin ja parametroiden etänä.
HART:	<i>Highway Addressable Remote Transducer</i> . Digitaalinen tiedonsiirto-protokolla älykkäiden kenttälaitteiden hallintaan.
JDE:	<i>J.D Edwards</i> . Oraclen omistama toiminnanohjausjärjestelmä.
NAMUR:	<i>Normenarbeitsgemeinschaft für Mess- und Regeltechnik in der chemischen Industrie</i> . Mittaus- ja säätötekniikan edustajien yhteisö. Yhteisön työryhmät tekevät suosituksia ja mietintöjä.

OPC: *Open Platform Communication*. Yleisesti teollisuudessa käytetty avoimen lähdekoodin tiedonsiirtoprotokolla.

OPC DA: *OPC Data Access*. OPC-protokolla.

OPC UA: *OPC Unified Architecture*. OPC-protokolla.

OS: *Operating Station*. ABB 800xA operointiasema.

OSI: *Open System Interconnection*. Malli, joka kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa.

VM: *Virtual Machine*. Virtuaalipalvelin

Workplace: 800xA:han määritelty operointinäkymä. Eri operointiasemille voidaan esimerkiksi avata eri tyyppinen workplace.

1 Johdanto

1.1 Tutkimusongelma

Digitalisaation laajentuessa tuotantolaitosten koneista kerätään enenevässä määrin erilaista kunnonvalvontadataa, jota voidaan hyödyntää ennakoivassa kunnossapidossa. Datankeruukohteet keskittyvät vielä pitkälti koneiden mekaanisten osien kulumisen tai vaurioitumisen seurantaan, eikä koneen tai prosessin toiminnan kannalta myös kriittisiä instrumentteja tai säätöventtiileitä ole aina huomioitu. Instrumenttien ja asennoittimien kunnonvalvonta vaatii vanhanaikaisilla työkaluilla huomattavan määrän resursseja ja tarkoin määritellyn seuranta-protokollan, mistä johtuen laaja-alaista seuranta ei monissakaan tuotantolaitoksissa tehdä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimustyön tavoitteena on luoda toimiva malli instrumenttien ja älykkäiden venttiiliassennoittimien automaattiseen kunnonvalvontaan. Tavoitteena on myös arvioida mallin luotettavuutta sekä potentiaalisia säästöjä, joita sen avulla välte-tyistä laiterikoista tai tuotantokatkoista voidaan saada.

Työn valmistuttua Agnico Eagle Finland Oy:llä on käytössä automaattinen kunnonvalvontadatan keräys painehapetuksen automaatiolaitteista. Toiminnanoh-jausjärjestelmä luo automaattisesti työmääräimet kerätyn datan perusteella kun-nossapidolle huolto- tai tarkastustoimenpiteitä varten. Tavoitteena on myös standardoina tiedonkeruumalli, jota voidaan tulevaisuudessa laajentaa koske-maan myös muita prosessiosa-alueita.

1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimustyö on rajattu koskemaan vain osaa rikastamon laitteista. Rikastamolta löytyy arviolta 4000 automaatiopiiriä. Tutkimustyön ja automaattisen tiedonke-ruumallin arvioinnin kannalta pienemmän prosessiosa-alueen tuottama data riit-tää mallin toiminnan arviointiin.

Myös yksittäiseltä laitteelta kerättävää datamäärää on rajattu. Laitetyypistä riip-puen yksittäiseltä älykkäältä kenttälaitteelta löytyy 10–30 eri datapistettä, joiden arvot voitaisiin kerätä tietokantaan. Tiedonsiirron luonti eri datapisteille tapahtuu manuaalisesti, joten tutkimuksen aikataulun tai tavoitteiden kannalta ei ole jär-kevää lisätä kaikkia pisteitä arkistointiin. Työhön on pyritty valitsemaan yleisim-min esiintyvät ja kenttälaitteiden tilaa parhaiten indikoivat mittauspisteet. Arkis-toitavaa ja siirrettävää dataa tutkimuksessa ovat laitteiden NAMUR NE107 -tila-luokat, sekä säätöventtiilien asennoittimien liikemäärät. Poikkeuksetta kaikilta älykkäiltä kenttälaitteilta löytyy NAMUR NE107 -standardin mukaiset tilaluokat,

jotka antavat tietoa laitteen tilasta yleisellä tasolla. Säästöventtiilien älykkäiltä asennoittimilta löytyy venttiilin liikemääriä ilmaiseva tieto, joka indikoi kuinka monta kertaa venttiili on asennoittimen mukaan liikkunut.

1.4 Käytetyt tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytetään sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Pääpaino on kuitenkin kvantitatiivisissa metodeissa (Tietoarkisto 2021).

Tutkimuksessa käytettävä aineisto kerätään hyödyntäen instrumenttien valvonta- ja parametrintiohjelmaa (FIM). Ohjelma tuottaa reaaliaikaista dataa eri instrumenttien muuttujista. Dataa kerätään kolmen viikon ajan rajauksen mukaisista laitteista. Datan tarkistaminen ja kirjaaminen tapahtuu manuaalisesti.

Laitteilta kerättävien muuttujien määrittämistä varten lähetetään tutkimuksen kohteena olevien kenttälaitteiden valmistajille ja/tai toimittajille liitteestä 4 löytyvä vapaamuotoinen sähköpostikysely liittyen laitteen sisältämiin parametreihin ja niiden käytettävyyteen laitteen kunnon arvioinnissa.

2 Agnico Eagle Finland Oy

Työn toimeksiantaja on Agnico Eagle Finland Oy, joka on kanadalaisen Agnico Eagle Mines Ltd:n (AEM) tytäryhtiö. AEM on yksi maailman suurimmista kullantuottajista. AEM:llä on kaivostoimintaa Euroopassa, Pohjois- ja Etelä-Amerikassa sekä Australiassa. Vuonna 2022 AEM liittyi yhteen Kirkland Lake -kaivosyhtiön kanssa. Yhtiöiden yhteenlaskettu liikevaihto oli noin 6,1 miljardia dollaria vuonna 2021. Emoyhtiöllä on noin 16 000 työntekijää. Yhtiön markkina-arvo on noin 35 miljardia dollaria ja se on listattuna Toronton ja New Yorkin pörseissä. Vuonna 2020 emoyhtiö tuotti 1,7 miljoonaa unssia kultaa ja 3,5 miljoonaa unssia hopeaa. (Agnico Eagle Mines Limited 2022.)

AEF on Kittilässä toimiva Euroopan suurin kultakaivos. AEF on aloittanut toimintansa 2008 ja ensimmäiset harkot valettiin 2009. Kaivos aloitti toimintansa avolouhoksena, mutta 2012 louhinta siirrettiin maan alle. Kaivos työllistää arviolta 500 omaa ja 600 urakoitsijan työntekijää. Kaivoksen arvioitu elinkaari ulottuu vuoteen 2034. Kaivoksen malminrikastuskapasiteetti on 2 miljoonaa tonnia vuodessa. Vuonna 2021 yhtiön liikevaihto oli 351 miljoonaa euroa. AEF:n vuosittainen kullantuotanto on noin 200 000 unssia, eli 6000 kiloa. Kittilän kaivosalueen pinta-ala on 1700 neliömetriä. Alueella sijaitsevat rikastamon lisäksi rikastushiekka-altaat ja maanalaiset osuudet. (Kaivosvastuu 2020.)

Viime vuosina AEF on investoinut paljon toimintansa kasvattamiseen ja kehittämiseen. Se julkaisi vuonna 2018 tiedotteen 160 miljoonan euron investoinnista, joka piti sisällään rikastamon laajennuksen ja maanalaisen nostokuilun rakentamisen. Nostokuilun yhteydessä rakennettiin myös kivilinja maan alle. Vuonna 2022 AEF tiedotti investoineensa omaan 5G-verkkoon, joka on ensimmäinen maan alle rakennettu 5G-verkko koko maailmassa. 5G-verkon rakennus ja käyttöönotto tapahtuu vuoden 2022 aikana. (Kaivosvastuu 2020.)

3 Ennakoiva kunnossapito ja kunnonvalvonta

Ennakoivan kunnossapidon keskeinen tavoite on pyrkiä ehkäisemään vikoja tai havaitsemaan mahdolliset alkavat viat jo ennen kuin ne pääsevät yllättämään. Ennakoiva kunnossapito käsittää määrävälein suoritettavia tehtäviä, esimerkiksi aikaan perustuvia, kunnossapidollisesti kriittisiä toimenpiteitä. Menetelmä voi pitää sisällään tarkastustoiminnan tehtäviä, tarvepohjaisia toimenpiteitä sekä kunnonvalvontaan liittyviä, silmämääräisiin tarkastuksiin perustuvia kunnossapito-toimenpiteitä. Käsitteenä ennakoiva kunnossapito on ollut olemassa jo kauan. Tänä päivänä pienemmissäkin kohteissa, ja ei niin prosessityyppisillä teollisuuden aloilla koetaan painetta analyyttiseen ja ennakoivaan kunnossapidon hallintaan. Erityisesti jatkuva tuotannon tehostaminen ja läpimenoaikojen lyhentäminen korostavat häiriöttömän tuotannon merkitystä. (PINJA 2022.)

Usein ennakoiva kunnossapito on pitkälti sidoksissa kalenteriin ja määräaikoihin. Jotta ennakoivasta kunnossapidosta saataisiin kaikki hyöty irti, on oleellista seurata myös koneen käyttömäärää ja -tapoja sekä ohjata ennakoivaa huolto-toimintaa myös siihen perustuen. Myös lakiperusteiset ja viranomaisilta tulevat raportointia ja tarkistuksia edellyttävät vaatimukset on otettava huomioon enna-koivassa kunnossapidossa. Työturvallisuus ja ympäristöasiat ovat osa tätä ko-konaisuutta. Vakavimmissa tapauksissa kunnossapidon laiminlyöminen voi ai-heuttaa koneen tai laitteen rikkoutumisen, joka voi johtaa työtaturmiin tai ai-heuttaa jopa haittaa ympäristölle. (PINJA 2022.)

3.1 Kriittisyysluokittelu

Kunnossapidon suurimmat panostukset tulisi kohdentaa tuotannon kriittisimpiin ja tärkeimpiin laitteisiin. Kaikkien laitteiden kriittisyysluokittelussa tulisi ottaa huomioon, miten kyseinen laite vaikuttaa kokonaistuotannon sujumiseen, jossa on huomioitu kustannusvaikutukset ja vaikutukset työturvallisuuteen. Kriittisyys-arviointi suoritetaan arvioimalla vikaantumisväliä, turvallisuutta, ympäristöön vai-kuttavia tekijöitä, tuotannon menetystä, laatu-kustannuksia ja korjauskustannuk-sia. Asteikon korkeimpaan luokitukseen kuuluvat sellaiset laitteet, järjestelmät ja komponentit, jotka voivat aiheuttaa turvallisuusriskin, merkittävän ympäristöris-kin tai taloudellisen riskin. Näiden järjestelmien tai laitteiden toimintahäiriöstä tai rikkoutumisesta voi pahimmillaan aiheutua koko tuotantoketjun pysähtymisen. Esimerkki tällaisista toimintahäiriöistä voi olla lietepumpun rikkoontumisesta seuraava säiliön ylivuoto, joka ympäristöön päästessä aiheuttaa vahinkoa. Kun arvioidaan ennakoivan kunnossapidon tarpeita, on hyvä hahmottaa toiminnan suunnitelmallisuus. Kunnossapidon piiriin kuuluu paljon sellaisia toimenpiteitä, joiden suorittaminen on kriittistä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi rikkoontuneen osan vaihdot. Lisäksi on sellaisia toimenpiteitä, jotka voidaan toteuttaa suunni-telmallisesti ja pidemmän tähtäimen projektina, kuten elinkaaren päässä olevien laitteiden tai komponenttien vaihto. Tässä priorisointiprosessissa tulee olla tark-kana ja hyödyntää jo kerättyä tietoa.

Laitteiden ja komponenttien luokittelun tulee perustua järjestelmälliseen ja yhdenmukaiseen arviointiin siten, että kukin laite tai komponentti arvioidaan samojen perusteiden mukaisesti. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty esimerkit kriittisyys- ja tavoiteluokista ja niiden kuvaukset. Kriittisyysluokkien perusteet tulee määrittää tapauskohtaisesti. Kriittisyysluokittelu perustuu asiakasnäkökulmaan, joka tutkimuksessa on AEF:n rikastamon toiminta. Luokkaan A kuuluvat laitteet, järjestelmät tai komponentit aiheuttavat vikaantuessaan asiakkaan toimintaan merkittävimmän negatiivisen vaikutuksen. Keskeisimpiä arvioitavia tekijöitä ovat häiriön tai tuotantokatkoksen laajuus ja kesto. (Ahonen ym. 2012.)

Taulukko 1. Kriittisyysluokat (Ahonen ym. 2012: 33).

Kriittisyysluokka	Kuvaus
A	Koko tuotannon keskeytyminen
B	Merkittävä tuotannollinen vaikutus
C	Vähäinen tuotannollinen vaikutus
D	Ei tuotannollisia vaikutuksia

Taulukko 2. Tavoiteluokat (Ahonen ym. 2012: 33).

	Alhainen luontainen vikaherkkyys	Keskimääräinen luontainen vikaherkkyys	Korkea luontainen vikaherkkyys
Alhaiset kustannukset	2	3	4
Kohtalaiset kustannukset	1	3	3
Korkeat kustannukset	1	2	3

Kriittisyysluokittelu ja riskienarviointi ovat edellytyksenä sille, että laiterikkoihin liittyviä riskejä voidaan hallita. Riskienhallinnassa kolme peruskysymystä ovat mitä asialle voidaan tehdä ja mitkä ovat vaihtoedot, mitkä ovat kustannusten,

hyötyjen ja riskien väliset suhteet sekä mitä vaikutuksia uusilla päätöksillä on tulevaisuuden vaihtoehtoihin. (Smith 2011.)

3.2 Kenttälaittehäiriöiden kustannusvaikutukset

Kenttälaitteiden häiriöiden kustannusvaikutukset ovat aina tapauskohtaisia, eikä aiheesta löydy suoraa tutkimusaineistoa. Kappaleessa käsiteltävät arviot ja laskelmat soveltuvat työn toimeksiantajan eri potentiaalsiin skenaarioihin.

Yksittäisen kenttälaitteen häiriön kustannusvaikutuksia tulee tarkastella usean eri muuttujan kautta. Ensimmäinen on häiriön vakavuus, eli kykeneekö laite edelleen toimimaan rajoitetusti vai onko laite häiriön vuoksi täysin toimintakyvytön.

Toinen muuttuja vaikutusten arvioinnissa on kenttälaitteen kriittisyys koneen tai prosessin kannalta. Suuren kriittisyysluokan omaava laite yleensä pysäyttää prosessin tai koneen, jolloin kustannusvaikutukset voidaan laskea vaikutusalueen pysäytysajan kestosta. Kriittisyydeltään keskivaiheilla olevan laitteen häiriön vaikutukset voivat taas olla välilliset. Esimerkkinä välillisestä vaikutuksesta voitaisiin pitää valmistettavan laadun heikkenemistä, joka aiheuttaisi ongelmia prosessin seuraavissa vaiheissa. (Franssila ym. 2012.)

Kolmas muuttuja on laitteen häiriön vaikutustapa. Häiriön vaikutus voi olla suora, mikä tarkoittaa suoraa korrelaatiota laitteen toiminnan ja toisen suureen välillä. Esimerkiksi laitteen häiriö voi aiheuttaa suoran vaikutuksen energiankäyttöön tai kemikaalien kulutukseen. Suoran vaikutustavan kustannusvaikutusten arviointi on myös suoraviivaisempaa välilliseen vaikutustapaan verrattuna. Välillinen vaikutustapa näkyy prosessiteollisuudessa esimerkiksi laadun tai tuotantomäärän muutoksessa, joka johtuu laitteen häiriöstä. Nämä muutokset yleensä jäävät ilman huomiota suurta kuvaa tarkastellessa. (John Wiley & Sons 2018.) Esimerkiksi kemikaalien vuosikustannusten ollessa 30 miljoonaa euroa ja laitevioista johtuvan yliannostelun ollessa 0,05% syntyy jo 15 000 euron

menetykset. Kemikaalien osalta säätöpoikkeamien ja laitevikojen vaikutukset kertautuvat, kun kemikaaleja annostellaan ensin tuotannon tehostamiseksi ja jälkeinpäin neutraloimiseksi.

Kaivostoiminnassa esimerkiksi jauhatusprosessin katko maksaa keskimäärin 2 miljoonaa euroa vuorokaudessa, joka tekee tuntia kohden noin 83 000 euroa. Nykypäivänä tuotantolaitoksista löytyy edelleen korkean kriittisyysluokan kenttä-laitteita, joiden kuntoa ei välttämättä valvota millään tavalla. Uusia menetelmiä hyödyntäen kunnonvalvonnan kustannukset ovat murto-osa näistä tuotannonmenetyksistä, mutta niiden tarpeellisuus konkretisoituu vasta siinä tilanteessa, kun tuotannonmenetyksiä aiheuttava prosessihäiriö tapahtuu.

4 Kunnonvalvontadata

Digitalisaatioasteen kasvaessa ja teknologian kehittyessä kunnossapito on yhä olennaisempi osa tuotantoresurssien elinkaaren hallintaa. Vuosien mittaan karttuvan kunnossapitodatan ja sen analysoimisen myötä työ painottuu yhä enemmän seurantaan, valvontaan ja ennakoivaan kunnossapitoon sen sijaan, että pysyttäisiin korjaavassa kunnossapidossa. (PINJA 2022.)

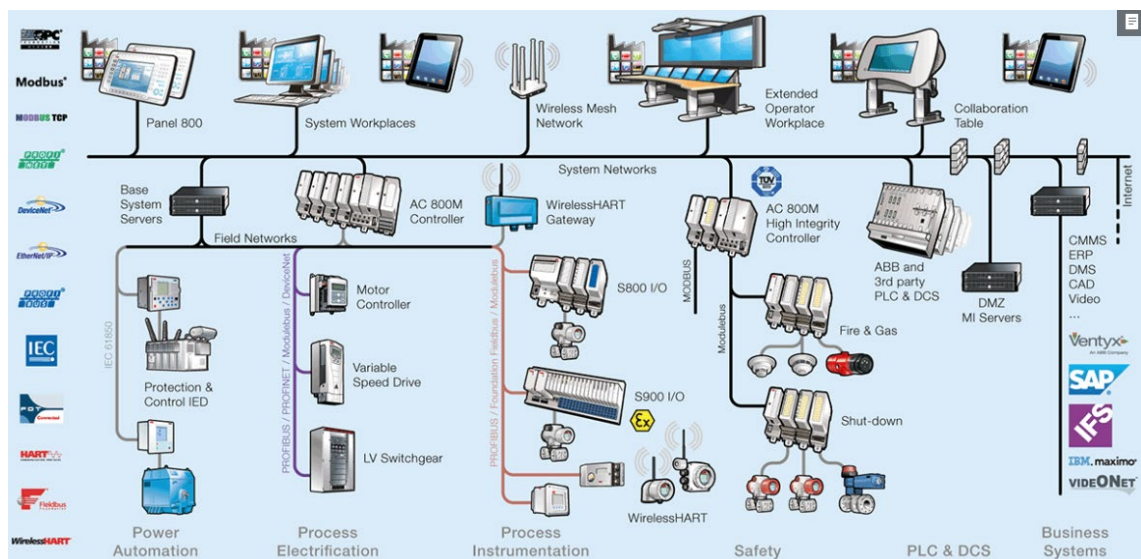
Useissa yrityksissä ollaankin ottamassa askeleita kohti älykästä ja ennustavaa kunnossapitoa. Älykkään ja ennustavan kunnossapidon toiminnan edellytyksenä on kuitenkin suuri määrä hyvin luokiteltua ja helposti hyödynnettävää dataa, kuten kunnossapitojärjestelmään kertynyt historiadata, ennakkohuoltosuunnitelmat ja tuotantotiloissa tehdyt aistihavainnot. Digitalisaation myötä uusimpana trendinä on myös eri tietojärjestelmien datavirtojen koonti yhteen paikkaan, mikä mahdollistaa ennen manuaalisten tiedonsiirtojen automatisoinnin

älykkään ja ennustavan kunnossapidon tueksi. Tällaisia ovat esimerkiksi keskitetty online- tai offline-kunnonvalvonta sekä sen tuottama mittaustieto.

Seuraavissa kappaleissa esitellään tutkimuksen keskeisimmät kunnonvalvontadatan keräämiseen ja hyödyntämiseen käytettävät työkalut.

4.1 ABB 800xA

800xA on ABB:n Ability-tuotesarjaan kuuluva hajautettu prosessiautomaatiojärjestelmä. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki ABB 800xA-järjestelmän rakenteesta ja se sisältää eri hyödynnettävät tiedonsiirtoprotokollat, laitteet ja ulkopuoliset rajapinnat. (ABB Group 2022.)



Kuva 1. ABB 800xA järjestelmäkaavioesimerkki (ABB Group 2022).

Järjestelmässä eri toiminnot on hajautettu useamman palvelimen hoidettaviksi. Tällä tavalla parannetaan resurssitarpeiden hallintaa ja vikasietoisuutta. Suurimassa osassa uusia järjestelmiä kaikki palvelimet on virtualisoitu fyysisen laitteiston käyttämisen sijaan. Virtualisoidut palvelimet on helppo päivittää ja palauttaa erilaisten virtuaaliympäristötyökalujen, eli VM-työkalujen avulla.

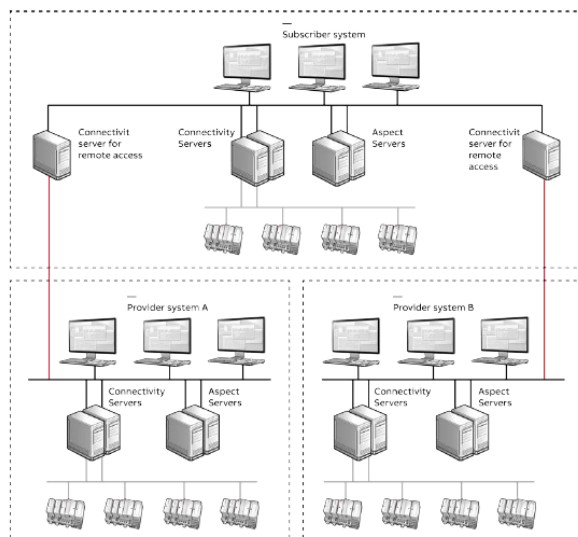
Virtualipalvelimien resursseja voidaan myös muokata helpommin, jos huomataan, että alkuperäinen laitemääritys on tehty liian tiukaksi.

Virtualisoinnin lisäksi palvelimet voidaan myös kahdentaa. Kahdennuksella tarkoitetaan sitä, että kaksi identtistä palvelinta suorittavat samaa tehtävää tai samoja palveluita. Palvelimen vikaantuessa redundanttinen palvelinpari aktivoituu ja alkaa suorittamaan vikaantuneen koneen palveluita. Kahdennetut palvelimet eivät suorita toimintoja yhtä aikaa, vaan puhutaan aktiivisesta ja odotus-tilassa olevista palvelimista (*standby*). Odotus-tilassa oleva palvelin voidaan esimerkiksi käynnistää uudestaan, minkä ei pitäisi näkyä järjestelmässä millään tavalla. Aktiivisena olevan palvelimen uudelleenkäynnistys taas aloittaa odotus-tilassa olleen palvelimen automaattisen aktivoitumisen. Aktivoituminen aiheuttaa järjestelmän loppukäyttäjälle sekunnin kestoisien kuvien pysähtymisen, mutta ei vaikuta ohjausjärjestelmän päätoimintaan, eli laitteiden ohjaamiseen. Joissain tapauksissa kahdennuksista aktiivisen laitteen rooli halutaan pakottaa toiselle koneelle. Näissä tapauksissa vikaantuneen palvelimen palattua toimintaan se ottaa uudestaan aktiivisen roolin. Näin standby-palvelin tulee olemaan aina odotus-tilassa, jos redundanssin aktivoimista ei tapahdu. 800xA-järjestelmässä tätä pakotusta ei ole tehty, vaan aktiivisena oleva palvelin on se, joka on viimeisinä ollut toiminnassa.

Kahdennetut palvelimet on yleensä hajautettu eri konesaleihin. Tämä nostaa vikasietoisuuden tasoa vielä entisestään. Toiseen konesaliin kohdistuvat sähkökatkot tai viat eivät vaikuta järjestelmän toimintaan, vaan toisen konesalin palvelimet pystyvät pitämään järjestelmän normaalisti toiminnassa. Kahdennuksia suunnitellessa on tärkeä ottaa huomioon myös verkon kahdennus, jotta vikatilanteissa verkkoyhteys säilyy myös toiminnassa. (ABB Group 2022.)

800xA:n järjestelmän peruspalvelimia ovat AS, CS, BHS, ES ja OS. Tyypillinen järjestelmärakenne on esitetty kuvassa 2. Järjestelmän palvelinrakenteesta voidaan nähdä kaikki palvelimien sisältämät palvelut. Palveluvaroituksista ja

virheistä generoituu automaattisesti hälytys ylläpitäjälle. Palveluiden tilan pääsee myös näkemään palvelurakenteesta.



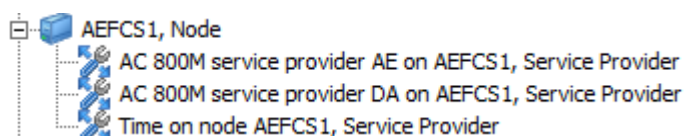
Kuva 2. ABB 800xA palvelinrakenne (ABB Group 2022).

AS eli aspektiserveri pitää sisällään kaikki kuvan 3 palvelut. Palveluissa on esimerkiksi mainittu datankeräyspalvelut (*Event Collector*) ja workplace-palvelut. Ilman näitä liityntäpalvelimien (CS) prosessiasemilta keräämä data ei välity järjestelmän sisällä oikein. Toisin sanoen loppukäyttäjät eivät näe arvojen päivittyvän tai edes näyttöobjektien toiminnot eivät toimi halutulla tavalla. AS on ikään kuin koko järjestelmän toiminnallisuuden selkäranka. Seuraavissa kappaleissa nähdään, että suurin osa palveluista keskittyy nimenomaan aspektipalvelimelle.



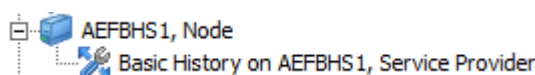
Kuva 3. ABB 800xA AS palvelut.

CS eli liityntäpalvelin hoitaa kommunikoinnin prosessiasemien kanssa. Kuvassa 4 näkyvät liityntäpalvelimen suorittamat palvelut. Palveluissa on OPC AE- ja OPC DA -keräyspalvelut. Kaikki järjestelmän sisällä tapahtuva tiedonsiirto tapahtuu OPC:lla. Prosessiasemilla on OPC-serverit, joilta liityntäpalvelimet lukevat datan. Liityntäpalvelin myös kirjoittaa prosessiasemien OPC-servereille. OPC AE pitää sisällään kaikkien hälytysten ja tapahtumien keruun. OPC DA taas kerää kaiken muun datan, kuten prosessiasemien sisällä päivittyvän ohjelman arvot. Liityntäpalvelimella on myös ajanjakeluun liittyvä palvelu. Tällä tavalla prosessiasema saa kellonajan suoraan järjestelmästä. Keskitetyllä ajanjakelulla voidaan varmistaa, että kaikki järjestelmän laitteet ovat samassa ajassa. OPC-protokolla edellyttää toimivaa ajanjakelua. Ilman sitä yhteydet eivät toimi ollenkaan tai serverin päässä voi tapahtua päällekirjoitusta tai arvojen hylkäämistä. (ABB Group 2022.)

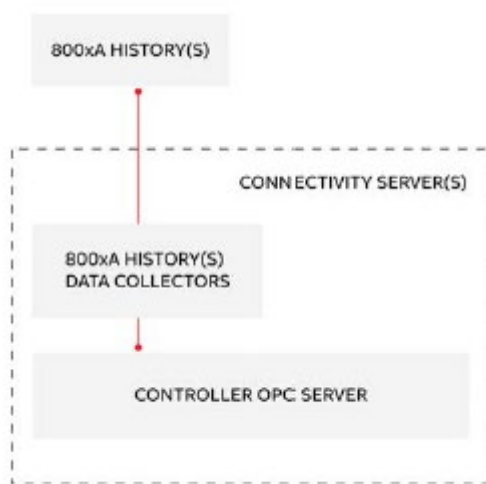


Kuva 4. ABB 800xA CS palvelut.

BHS eli perushistoriapalvelin pitää sisällään liityntäpalvelimen tuottaman DA-datan, jota hyödynnetään esimerkiksi operaattorien trendinäkymissä. Kuvassa 5 näkyy, että palvelimella pyörii ainoastaan yksi palvelu. Historiapalvelimet on yleensä kahdennettu tai lisätty jopa toinen tai kolmas palvelinpari rinnalle. Useammalla palvelinparilla datan tallennus- ja arkistointijaksoa voidaan pidentää. Määritetyn tallennusjakson ylittyessä vanhin data päällekirjoittuu uusimmalla. Tallennusjakson pidentämisellä ja resurssien säilyttämisellä samana on vaikutusta eri toimintojen nopeuteen, kuten eri historiadataa käyttävien objektien aukaisuun ja päivittymiseen. Näitä objekteja ovat esimerkiksi mittauskuvaajat ja hälytyslistat. Historiapalvelimen kytkeytyminen liityntäpalvelimiin voidaan nähdä kuvasta 6. (ABB Group 2022.)



Kuva 5. ABB 800xA BHS palvelut



Kuva 6. ABB 800xA sisäisen ja ulkoisen tiedonsiirron rakenne

ES eli insinööri-asema on järjestelmäinsinöörin käyttämä työasema, joka ei suorita järjestelmän toimintaan liittyviä palveluita. Ohjelmamuutokset ja muut järjestelmään liittyvät muutostyöt tulisi keskittää suoritettavaksi insinööri-asemilta.

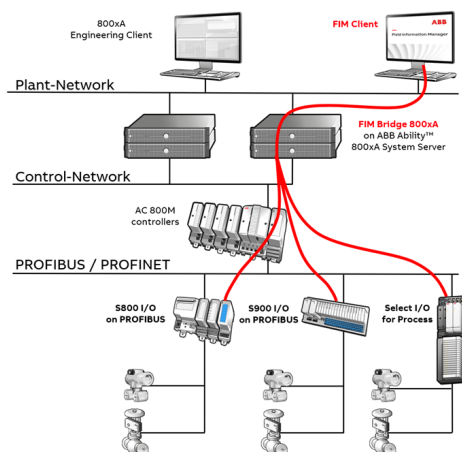
Tällä tavoin turvataan muille palvelimille riittävät resurssit kriittisten palveluiden suorittamiseen. Muut palvelimet pitävät kuitenkin sisällään samat insinöörityökälut tilapäistä käyttöä varten, jos esimerkiksi pääsy insinööriasemille on estynyt. (ABB Group 2022.)

OS eli operointiasema on insinööriaseman kaltainen palvelin, jolla ei pyöri järjestelmäpalveluita. Operointiasema on nimensä mukaisesti asema, jota valvomo-operaattori käyttää prosessin seuraamiseen ja ohjaamiseen. Operointiaseman käyttö on rajoitettu ainoastaan *workplacen* käyttöön, joka käynnistyy automaattisesti palvelimen käynnistyttyä. Operaattorit eivät saa koneilta muita ohjelmia auki. Operaattoriasemat on yleisesti virtualisoinnin jälkeenkin jätetty fyysisille työasemille suorituskykyongelmien takia, mutta nykyään virtuaaliympäristö on kehittynyt niin paljon, että operaattoriasemia on alettu myös virtualisoidaan. (ABB Group 2022.)

4.2 FIM

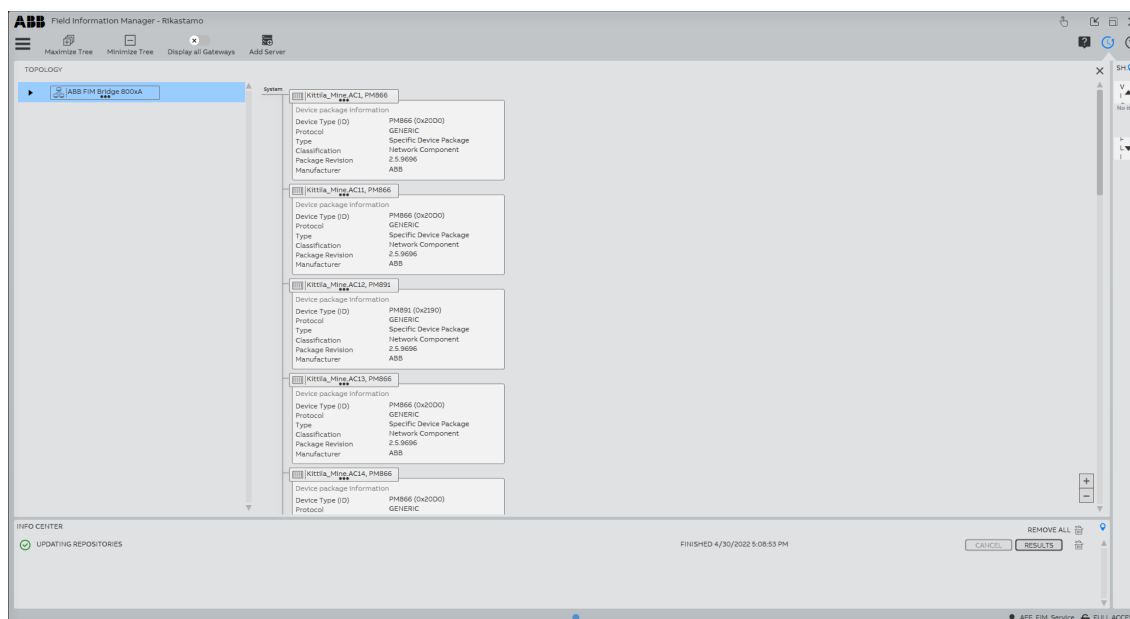
FIM (*Field Information Manager*) on ABB:n Ability-tuotesarjaan kuuluva parametrinti- ja diagnosointityökalu. FIM voidaan asentaa yksittäiselle tietokoneelle *stand alone* -tyylisesti, jolloin tarvitaan erillinen gateway-moduuli, jonka välityksellä saadaan muodostettua tiedonsiirto kentälle. *Stand alone* -asennuksen sijaan FIM voidaan asentaa 800xA palvelinverkon koneelle, jolloin gatewaynä voidaan käyttää esimerkiksi 800xA insinööriasemaa. Edellä mainitulla tavalla asennettuna FIM pääsee connectivity-servereiden kautta yhdistymään kaikkiin järjestelmän komponentteihin, eikä *stand alone* -asennuksen rajoituksia ole. Kuvassa 7 on esitetty FIM-järjestelmän rakenne 800xA-järjestelmään hyödyntäen. FIM tukee seuraavia tiedonsiirtoprotokollia: Profibus, Profinet, HART-IP, IsNetLite ja OPC UA. (ABB Group 2022.)

FIM pitää sisällän myös OPC UA -serverin, jolta voidaan lukea tietoja esimerkiksi ulkoiseen tietokantaan. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää kunnonvalvonnassa.

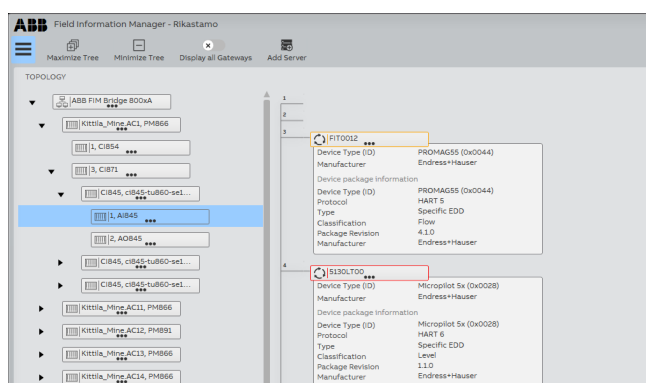


Kuva 7. FIM tiedonsiirto (ABB Group 2022).

FIM:istä löytyy myös käyttöliittymä, jolla tehdään ensimmäinen järjestelmäskan-
naus. Skannaus voidaan tehdä koko laitekannan osalta kerralla tai sitten yksit-
täinen haara kerrallaan. Skannaus käy läpi koko laitetopologian ja lisää laitteet
puurakenteeseen, jos ne tukevat edellä mainittuja protokollia. Kuvassa 8 on esi-
merkki FIM topologiasta ylätasolla. Kuvassa 9 voidaan nähdä laitetason nä-
kymä.

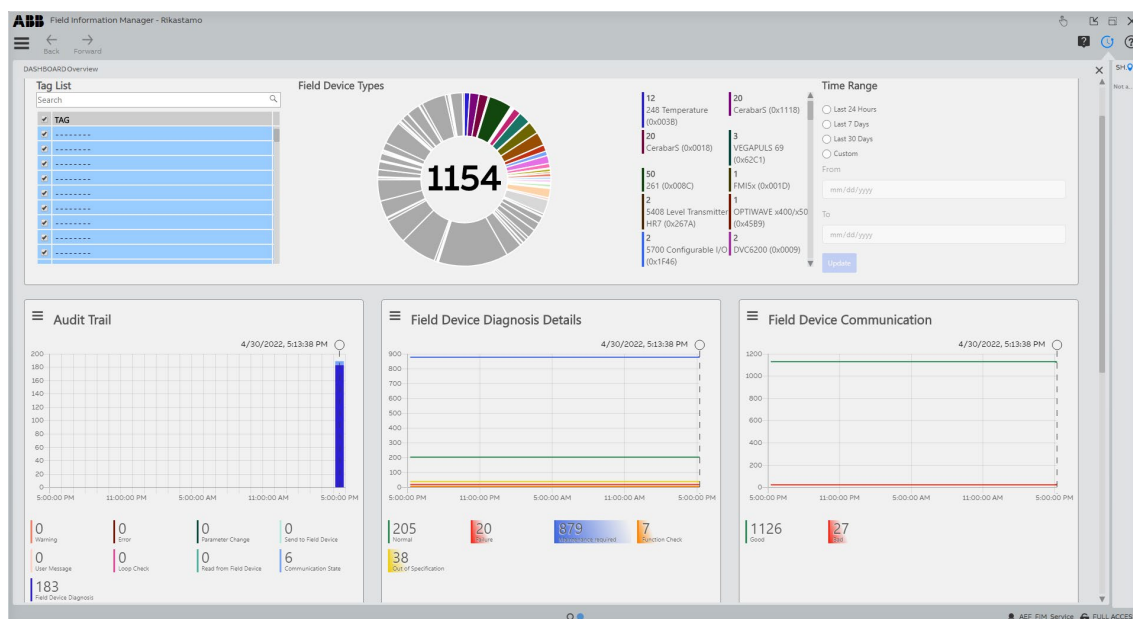


Kuva 8. FIM topologian ylätaso.

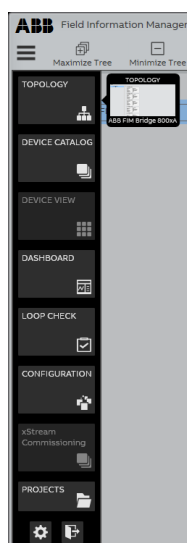


Kuva 9. FIM topologian laitetaso.

Puurakenteen lisäksi ohjelmasta löytyy tilastonäkymä, josta käyttäjä saa paremman kuvan laitemääristä ja niiden eri tiloista. Tilastonäkymä avautuu, kun valitaan *dashboard* vasemman yläkulman pudotusvalikosta. Kuvan 10 tilastoista voidaan esimerkiksi nähdä, että skannaus on tunnistanut 1154 HART-tukevaa laitetta. Tilastonäyttöillä on myös kommunikointitilaan ja NAMUR NE107 tiloihin liittyviä tietoja. FIM:istä löytyvät eri sivut näkyvät kuvassa 11.



Kuva 10. FIM yleiskuva.



Kuva 11. FIM sivuvalinnat.

Tilastonäkymän lisäksi ohjelmassa on omat valikot laitekatalogiin (EDD-tiedostojen hallinta), piiritarkistukseen, konfigurointiin ja varsinaiseen laitenäkymään. Laitekatalogi pitää sisällään kaikki ohjelmaan ladatut EDD-tiedostot. FIM:istä löytyy myös valmis linkki FieldComin pilvipalveluun, josta ohjelma osaa hakea EDD-tiedostoja.

ABB

Field Information Manager - Rikastamo

Search

Pressure

Save Filter

















































































Reset Filter

Import Dataset

Export View

Display All Gateways

CONFIGURATIONS (visible 252 / 252 - select 0)

▼ NAME	▼ DEVICE...	▼ TYPE	▼ DATASET	▼ DATASET...	▼ HEIST...	▼ NAME/INGS	▼ ERRORS	▼ DESCR...	▼ PACKAGE...	▼ PACKAGE...	▼ PACKAGE...	▼ PACKAGE...	▼ PACKAGE...	▼ PACK...
	***	Cerabats (000008)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Maintenance req.	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000008)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000008)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Maintenance req.	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000008)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000008)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Maintenance req.	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000008)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000008)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000008)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000008)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000008)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline data...	Device name not...	Cerabats (000011)	Endress+Hauser	HART 5	Pressure	Specific ID#	21.4.0
	***	Cerabats (000011)	DEVICE	ONLINE	NOT IN SYNC	Unknown	No offline							

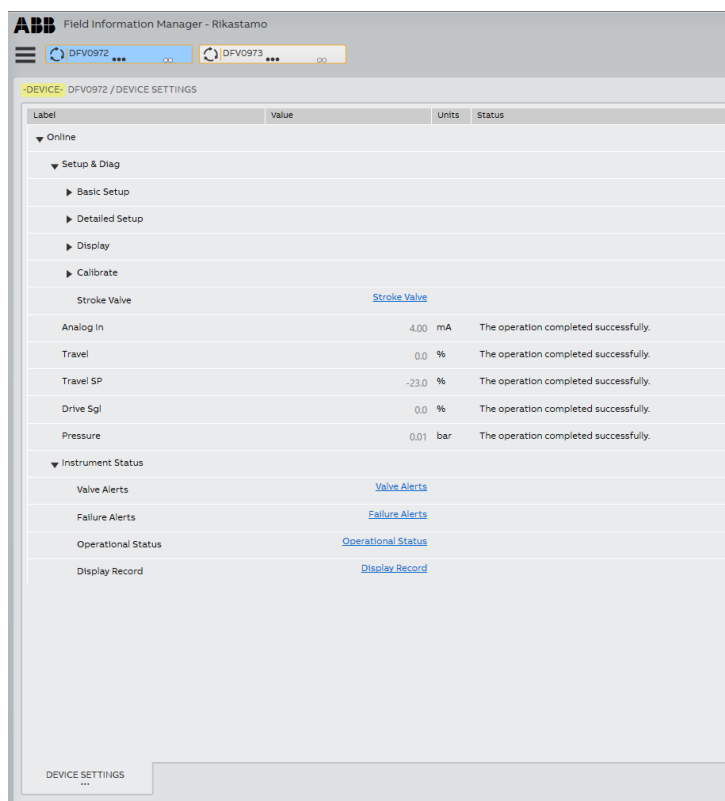
Laitenäkö näkymä hyödyntää ohjelmassa laitteelle linkitettyä EDD-tiedostoa. Laitenäkö näkymä saattaa vaihdella EDD-tiedoston mukaan. Laitenäkö näkymästä voidaan laiteparametrien mukaan joko lukea ja kirjoittaa tai vain lukea tietoa ohjelmaan. Kun kuvan 14 valikosta valitaan *device settings*, päästään varsinaiseen laitenäkö näkymään.

CONFIGURATIONS (visible 177 / 2017 - selected 0)

<input type="checkbox"/>	NAME	DEVICE T...	TYPE
<input type="checkbox"/>	DFI11216	8712E (0x0057)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI11236	8712E (0x0057)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI1132	PROMAG55 (0x0...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI1133	PROMAG55 (0x0...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI2915	PROMAG55 (0x0...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI2922	IFC 300 (0x00E3)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFI2932	50XE4000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV0854	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV0871	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV0872	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV0873	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV...	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	OFFLINE	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	UPLOADED	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DOWNLOADED	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	MORE	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	REPLACE DEVICE PACKAGE	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	PRINTING	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	COMPARE	DVC2000 (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DASHBOARD	Logix520MD (0x...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	USER MESSAGE	Logix520MD (0x...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	LOOP CHECK	ND9100H (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV11134	Logix520MD (0x...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV1116	ND9100H (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV11165	ND9100H (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV11166	Logix520MD (0x...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV1117	ND9100H (0x00...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DFV11236	Logix520MD (0x...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI70048	MCA (0x0040)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI0714	MicroPilot 5x (0...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI0964	LB490 (0x007F)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI1001	LB490 (0x007F)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI1011	MicroPilot 5x (0...	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI1108	FM5x (0x001D)	DEVICE
<input type="checkbox"/>	DI11110	2051 (0x0055)	DEVICE

Kuva 14. FIM laitekohtaiset valinnat ja työkalut.

Kuvassa 15 näkyy yksittäisen laitteen EDD-tiedoston kentät laitteenäkymässä. Nuolilinkeistä pystytään navigoimaan syvemmälle laitteen tietoihin. FIM:in kentältä lukevien muuttujien viereen ilmaantuu kenttä, jos tiedot on pystytty onnistuneesti lataamaan kenttälaitteelta.



Label	Value	Units	Status
▼ Online			
▼ Setup & Diag			
▶ Basic Setup			
▶ Detailed Setup			
▶ Display			
▶ Calibrate			
Stroke Valve			Stroke Value
Analog In	4.00	mA	The operation completed successfully.
Travel	0.0	%	The operation completed successfully.
Travel SP	-23.0	%	The operation completed successfully.
Drive Sgl	0.0	%	The operation completed successfully.
Pressure	0.01	bar	The operation completed successfully.
▼ Instrument Status			
Valve Alerts			Valve Alerts
Failure Alerts			Failure Alerts
Operational Status			Operational Status
Display Record			Display Record

Kuva 15. FIM laitenäkymä.

4.2.1 HART

HART on yhdysvaltalaisen automaatiovalmistaja Rosemount Inc:n (nykyisin Emerson) 1980-luvulla kehittämä protokolla, joka mahdollistaa kahdensuuntaisen digitaalisen tiedonsiirron älykkäiden mittalaitteiden kanssa. Protokolla rekisteröitiin tuotemerkiksi vuonna 1993 ja kaikki sen käyttöoikeudet siirrettiin hallinnointia varten perustetulle HART Communication Foundationille (HCF). (FieldComm Group 2022.)

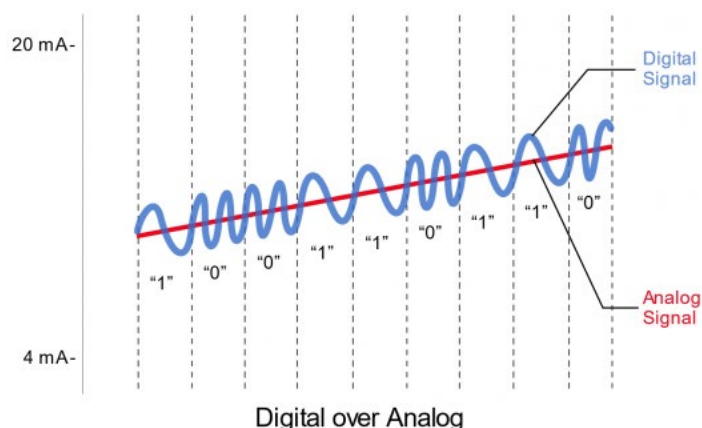
Tiedonsiirtoprotokolla mahdollistaa älykkäiden kenttälaitteiden parametrien lukemisen ja muuttamisen, diagnostiikka- ja prosessiarvojen seuraamisen sekä

muut erikoistoiminnot, kuten hälytysten kuittaukset, laitteen kalibroinnit ja viritykset isäntälaitteelta käsin. Tiedonsiirtoa on mallinnettu kuvassa 16.



Kuva 16. HART-tiedonsiirto (FieldComm Group 2022).

Kaapeloitu HART-protokolla hyödyntää Frequency Shift Keyed (FSK) -nimistä tekniikkaa, jossa digitaalinen viesti voidaan yhdistää perinteiseen analogiseen 4-20mA:n virtaviestiin taajuusmoduloinnilla. Tekniikan ansiosta kenttälaitteet eivät tarvitse erillistä kaapelointia HART-tiedonsiirtoa varten. HART-protokolla käyttää 1200 bps:n tiedonsiirtonopeutta häiritsemättä analogiaviestiä. Isäntälaitteelle näkyvä arvojen päivitystaajuus riippuu luettavasta datamäärästä. Kuvassa 17 on esitetty analogiaviestin päällä kulkeva digitaalisignaali. (FieldComm Group 2022.)



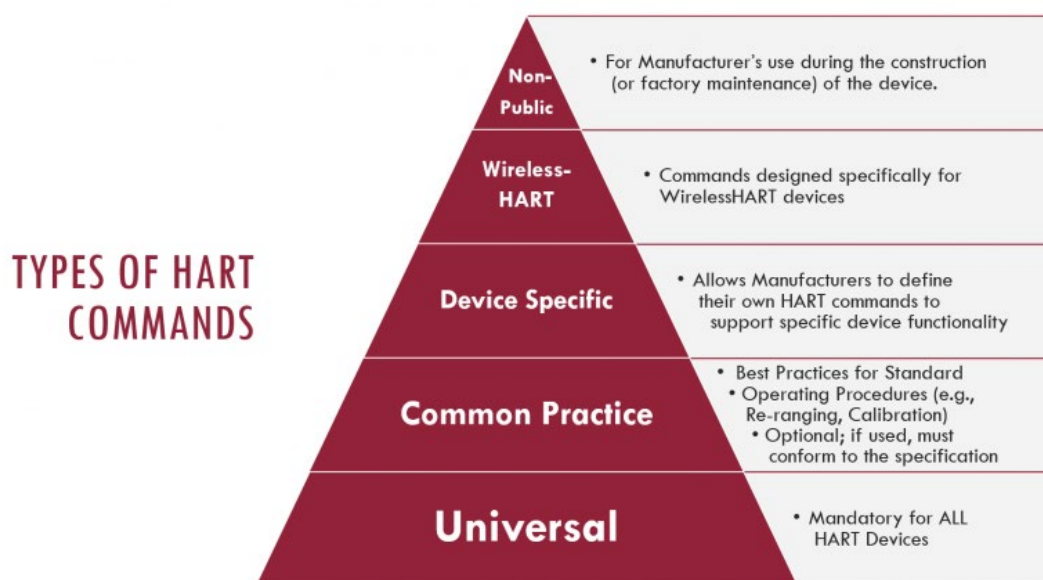
Frequency Shift Keying (FSK)

Kuva 17. HART FSK (FieldComm Group 2022).

HART on pyyntö-vastaus-tyyppinen tiedonsiirtoprotokolla, joka tarkoittaa, että jokainen tiedonsiirto edellyttää isäntälaitteelta tulevaa pyyntöä tai käskyä, johon kenttälaite vastaa. Isäntälaitte on tyypillisesti *stand alone* -mallinen fyysinen HART-konfigurointityökalu, HART-ohjelmistotyökalu, automaatiojärjestelmä tai muu automaatiojärjestelmän liitännäisohjelmisto (FieldComm Group 2022). Automaatiojärjestelmän tapauksessa on hyvä huomioida, että I/O-korttien tulee olla yhteensopivia HART-tiedonsiirron kanssa. Kenttälaitteet ovat yleisesti eri prosessisuureita mittaavia instrumentteja ja säätölaitteita, kuten venttiiliasennoittimia.

Standardoidun tiedonsiirron mahdollistamiseksi HART-protokollaan on määritetty eriteltyt käskyt, joihin HART-protokollaa tukevat kenttälaitteet vastaavat. Loppukäyttäjän ei tarvitse erikseen huolehtia käskyistä, vaan ne on integroitu laitekohtaisiin tai universaaleihin DD-tiedostoihin. HART-käskyjen tyypit on esitetty kuvissa 18 ja 19. Käskysarja sisältää yleisesti kolme eri käskyluokkaa, jotka ovat universaali luokka, yleiset luokka ja laitekohtaiset luokka. Universaali luokka on edellytys HART-kommunikoinnin toiminnalle. Luokka pitää sisällään peruskäskyt, joiden avulla päästään lukemaan laitteen perusarvoja ja

parametreja. Yleisluokka ei ole pakollinen, mutta se laajentaa HART-toiminnallisuuksia, joiden avulla voidaan esimerkiksi parametroida tai kalibroida laitetta. Laitekohtainen luokka on valmistajan määriteltävissä. Luokka sisältää yleisesti ainoastaan kyseiselle laitemallille tai -tyypille valikoituja parametreja ja toiminnallisuuksia. Tällaisia voivat olla esimerkiksi laitteen valmistustiedot. (FieldComm Group 2022.)



Kuva 18. HART-käskyjen tasot (FieldComm Group 2022).

Kuvassa 19 on esitetty esimerkkejä eri käskyluokkien sisältämisestä toiminnallisuuksista. Kuvasta voidaan huomata, että jos laitteen DD-tiedostossa on käytetty kaikkia kolmea luokkaa, laitteen informatiiviset ja toiminnalliset kattavuudet ovat laajat.

Universal Commands	Common Practice Commands	Device Specific Commands
<ul style="list-style-type: none"> Read manufacturer and device type Read primary variable (PV) and units Read current output and percent of range Read up to four pre-defined dynamic variables Read or write eight-character tag, 16-character descriptor, date Read or write 32-character message Read device range values, units, and damping time constant Read or write final assembly number Write polling address 	<ul style="list-style-type: none"> Read selection of up to four dynamic variables Write damping time constant Write device range values Calibrate (set zero, set span) Set fixed output current Perform self-test Perform master reset Trim PV zero Write PV unit Trim DAC zero and gain Write transfer function (square root/linear) Write sensor serial number Read or write dynamic variable assignments 	<ul style="list-style-type: none"> Read or write low-flow cut-off Start, stop, or clear totalizer Read or write density calibration factor Choose PV (mass, flow, or density) Read or write materials or construction information Trim sensor calibration PID enable Write PID set point Valve characterization Valve set point Travel limits User units Local display information

Kuva 19. HART-käskyt (FieldComm Group 2022).

HART-protokollan kerrosrakenne perustuvat OSI-referenssimalliin. OSI-mallista HART käyttää kolmea kerrosta: fyysistä kerrosta (1), siirtokerrosta (2) ja sovel-luskerrosta (7), jotka on esitetty kuvassa 20.



Kuva 20. OSI-malli (<http://www.krimaka.net/tietotekniikka/verkko-ja-ethernet/osi-ja-tcp-ip-mallit.html>).

Fyysinen kerros pitää sisällään fyysiset yhteydet ja signaalit, joita langallisessa HART:ssa ovat FSK, C8PSK tai RS485. Siirtokerroksessa (kuvassa 21) määritellään viestin formaatti ja oikeudet. Sovellustasolla vielä määritellään erikseen datan formaatti. (FieldComm Group 2022.)

	Layer	Function	Wired HART	WirelessHART
7	Application	Formatting of data	Commands and data formats	
6	Presentation	Conversion of data format		
5	Session	Management of communication dialog		
4	Transport	End-to-end error recovery		Reliable stream transport. Segmentation of large data sets
3	Network	Switching and routing for network connections		Redundant path mesh network
2	Data Link	Message format and media access	Token-passing command-response	TDMA/CSMA
1	Physical	Physical connections and signals	FSK, C8PSK or RS-485	2.4GHz wireless

HART PROTOCOL LAYERS

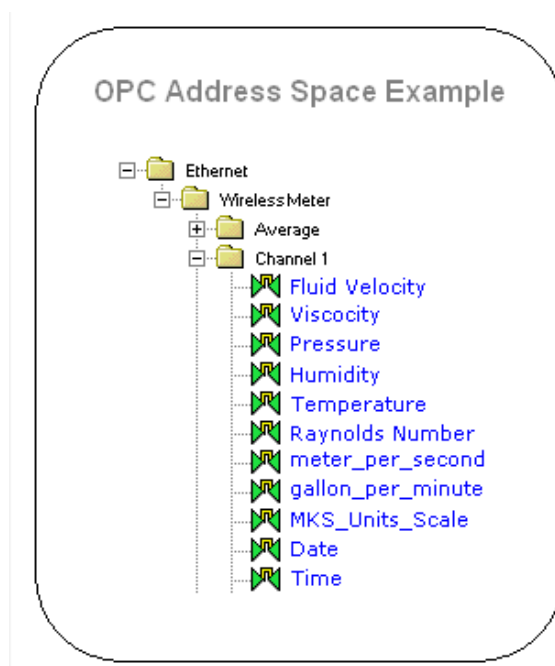
Kuva 21. HART-protokollan tasot (FieldComm Group 2022).

4.2.2 OPC

Vuonna 1996 joukko yrityksiä muodosti konsortion tavoitteenaan prosessiohjauksen standardointi. Ryhmä julkaisi ensimmäisen työversion, joka perustui Microsoftin OLE-tekniikkaan (*Object Linking and Embedding*). Standardin nimeksi tuli OLE for Process Control (OPC). Myöhemmin nimi vaihdettiin Open Platform Communicatioiksi. OPC Foundation hallinnoi OPC-standardia ja julkaisee siihen mahdolliset muutokset. Nykyään yli 300 yritystä on osa OPC Foundationia. Näitä yrityksiä ovat muun muassa Microsoft, GE, Siemens, ABB, Honeywell, Rockwell ja Ford. Vuonna 2005 OPC Foundation julkaisi uuden OPC-standardin, OPC UA:n (OPC Unified Architecture). OPC:ta käytetään laajasti

teollisuudessa laitteiden ohjaamiseen tai datan siirtämiseen tietokantaan ja arkistoon. (OPC Foundation 2022.)

OPC-standardi määrittelee standardin sisäisen terminologian helpottamaan eri käsitteiden hahmottamista ja omaksumista. OPC:n datan esitysmuotoa voidaan verrata kansiohierarkiaan. Standardi kutsuu tätä OPC address spaceksi. Kuvassa 22 on esimerkki OPC address space -rakenteesta. Kuvasta voidaan havaita, että jokaiselle aliobjektille muodostuu oma polku. (Code Project 2005.)

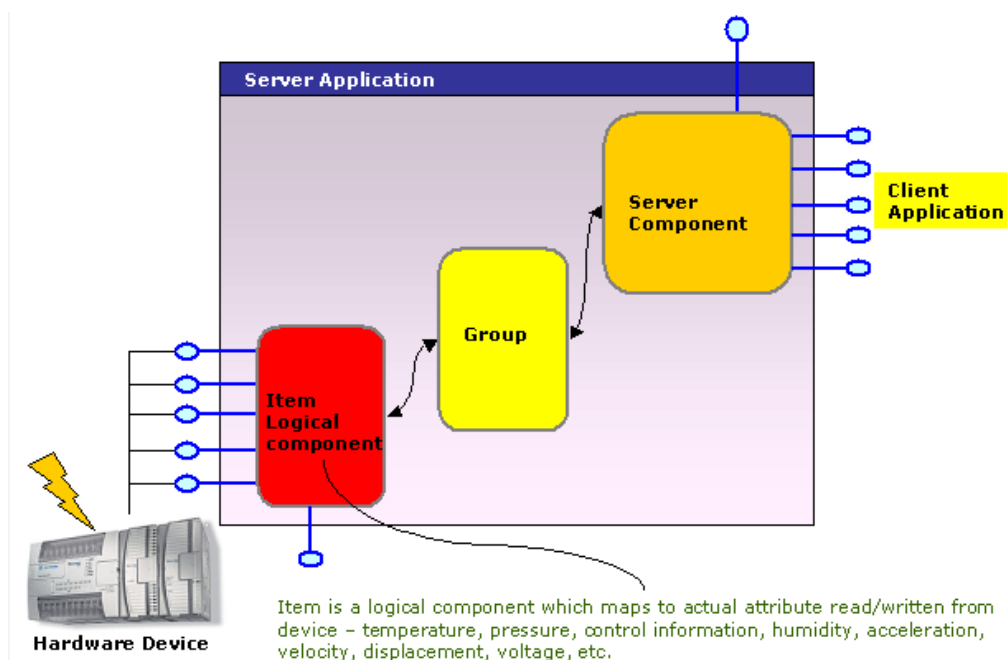


Kuva 22. OPC address space -rakenne (Code Project 2005).

OPC address space -rakenne alkaa juuresta, jonka alla on kansioita ja alikansioita. Kansioiden alle taas voidaan luoda OPC-objekteja tai -tageja, jotka ovat yleensä laitteita tai mittauspisteitä. Kuvassa pääkansiona on Ethernet, jolla on kaksi alikansiota Average ja Channel 1. Alikansioiden alla on OPC-objekteja. Alikansiot ovat tehokkaita eri signaalien ryhmittelyyn. (Code Project 2005.)

Esimerkin koko address space julkaistaan serveriin yhteydessä oleville OPC-clienteille. OPC-client on ohjelma tai osa ohjelmaa, joka on yhteydessä OPC-

serveriin. Jokainen OPC-client voi luoda serverin sisään loogisen ryhmän. Ryhmä voi sisältää OPC-objekteja. Kuvassa 23 on esitetty OPC-serveri, joka sisältää edellä mainitut osat. (Code Project 2005.)



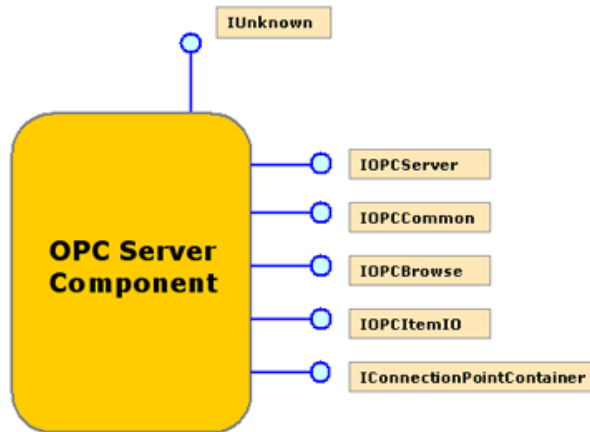
Kuva 23. OPC-serverin osat (Code Project 2005).

OPC-määrittely tukee synkronista ja ei-synkronista OPC-objektien lukua ja kirjoittamista. Kenttälaitteiden sisäisten ja verkon tiedonsiirtorajoitteiden vuoksi ei-synkronista tiedonsiirtoa käytetään yleisimmin.

OPC-tiedonsiirron edellytyksenä on *OPC Foundationin* julkaisema Windows *OPCEnum-service*. Service tulee vakiona *windows-server* asennuksen mukana. Service mahdollistaa OPC enumeraation ja OPC-serveri ohjelman näkyvyyden clienteleille. (Code Project 2005.)

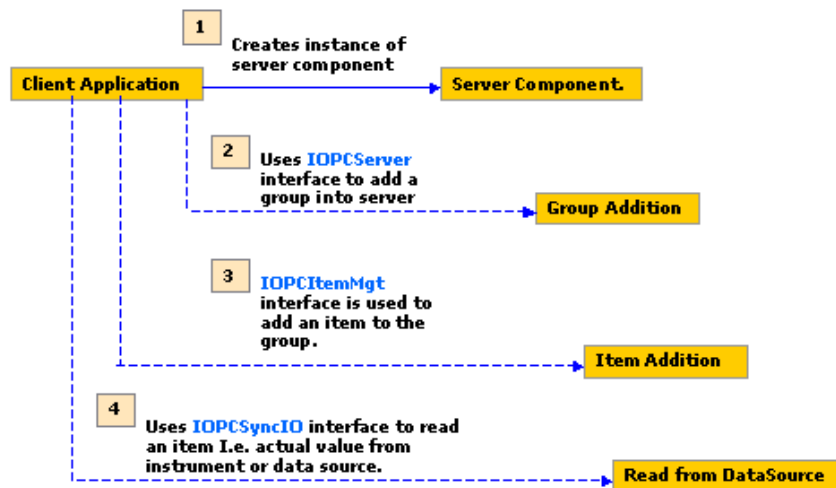
OPC-serverin täytyy tukea useita COM-rajapintoja. Kuvassa 24 on esitetty nämä OPC-serverin sisältämät rajapinnat. *IOPCBrowse*-rajapinta mahdollistaa Adress Spacen kyselyn, eli OPC client saa yhteyden serverin kansiohierarkiaan. *IOPCItemIO*-rajapinta taas mahdollistaa OPC-objekteihin kirjoittamisen ja

niiden lukemisen. Loput rajapinnat liittyvät enemmän OPC-clientin toimintoihin. Nämä rajapinnat on esitelty kuvassa 25.



Kuva 24. OPC serverin rajapinnat (Code Project 2005).

Kuvassa 25 on esitetty OPC-clientin ja serverin välinen vuorovaikutus. Kuvan kohdassa 1 Client muodostaa yhteyden serveriin ja luo itselleen serveritapahtuman. Kohdassa 2 Client hyödyntää *IOPCServer*-rajapintaa ja lisää OPC-ryhmän serverille. Kohdassa 3 Client lisää aikaisemmin luotuun OPC-ryhmään objektin hyödyntäen *OPCItemMgt*-rajapintaa. Kohdassa 4 client käyttää *IOPCSyncIO*-rajapintaa OPC-objektien arvojen lukemiseen. (Code Project 2005.)

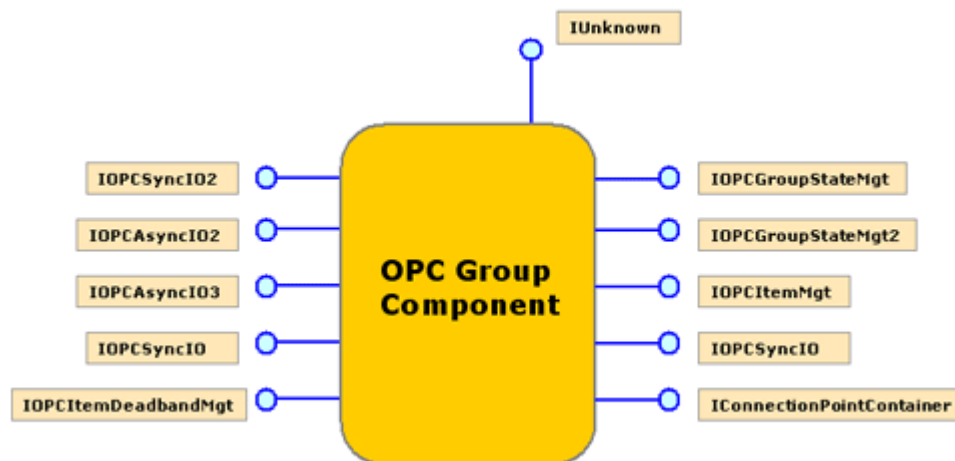


Kuva 25. OPC-clientin ja -serverin välinen vuorovaikutus (Code Project 2005).

OPC-clientin muodostaessa yhteyden serveriin sen täytyy luoda looginen ryhmä serverin sisälle, joka sisältää kaikki OPC-objektit, joita client haluaa lukea tai joihin se haluaa kirjoittaa. Client voi luoda ja hallita useita ryhmiä. Jokaisella ryhmällä tulee olla uniikki nimi ja seuraavat parametrit:

- päivitysväli (millisekunneissa), jonka mukaan OPC-objektin arvot luetaan.
- aktiivisuustieto (*boolean*), joka määrittää onko OPC-ryhmä aktiivinen vai ei.
- kuollut alue (%), jolla määritellään arvojen suodatus. Kuolleen alueen sisään jäävät arvot suodatetaan pois (X% edellisestä arvosta).
- *IO Mode* eli käytetäänkö synkronista vai ei-synkronista tiedonsiirtoa.
- aika-alue (GMT).

Kuvassa 26 on esitetty OPC-ryhmän sisältämät rajapinnat. Osa rajapinnoista on esitelty aikaisemmissa kappaleissa. *IConnectionPointContainer*-rajapinta mahdollistaa tapahtumien siirron OPC-clientille. (Code Project 2005.)



Kuva 26. OPC-ryhmän rajapinnat (Code Project 2005).

OPC-yhdistys hallinnoi ja julkaisee eri standardin alaisia spesifikaatioita. OPC-yhdistys on julkaissut toistaiseksi seuraavat spesifikaatiot:

- OPC-DA (*Data Access*), jota käytetään reaaliaikaisen datansiirtoon, esimerkiksi lämpötilan tai pinnanmittauksen seuraamiseen.
- OPC-HDA (*Historical Data Access*), jota käytetään historiadatan siirtoon esimerkiksi data-analyysyä varten.
- OPC-AE:n (*Alarms & Events*) avulla voidaan siirtää tai kuitata hälytyksiä ja tapahtumia.
- OPC-DX (*Data Exchange*) määrittää miten OPC-serverit vaihtavat dataa keskenään.
- OPC-XML (*XML Data Access*) määrittelee XML-standardia tukevan datan esitystavan. Se mahdollistaa OPC-tiedonsiirron suoraan eri käyttöjärjestelmien välillä.





- OPC-UA (*Unified Architecture*) on uuden sukupolven OPC-määrittely, joka ei enää hyödynnä Windowsin COM-rajapintoja. Tämä mahdollistaa sen, että OPC-UA ei ole enää alustariippuvainen. OPC-UA sisältää myös liikenteen salauksen ja autentikoinnin, toisin kuin perinteinen OPC. (Paessler 2022.)

4.2.3 NAMUR NE107

NE107 on NAMUR-yhteisön antama kenttälaitteiden itsediagnostiikkaan ja valvontaan keskittyvä suositus. Suosituksen luomiseen osallistuvat kenttälaitteiden valmistajat ja käyttäjät. Suosituksessa kenttälaitteisiin luetaan anturit ja venttiiliasennoittimet. (Instrumentation Tools 2022.)

Suosituksessa korostetaan, että kenttälaitteiden mittaus- ja ohjausarvot ovat kaikkein tärkeimpiä, mutta laitteen itsediagnostiikasta on myös apua valvomo-operaattoreille ja kunnossapidolle. Itsediagnostiikan pohjalta operaattori voi esimerkiksi arvioida kuinka luotettavia mittaus- ja ohjearvot ovat.

Suositus sisältää myös tilasignaalit ja niiden kuvaukset. NE107 suosituksen avulla on haluttu päästä eroon vaikeaselkoisista vika- ja varoituskoodista ja yksinkertaistaa tilojen ilmaisua. NE107-suosituksessa on määritelty neljä eri tilasignaalia ja ikonia. Tilasignaalien selitykset löytyvät kuvasta 27.

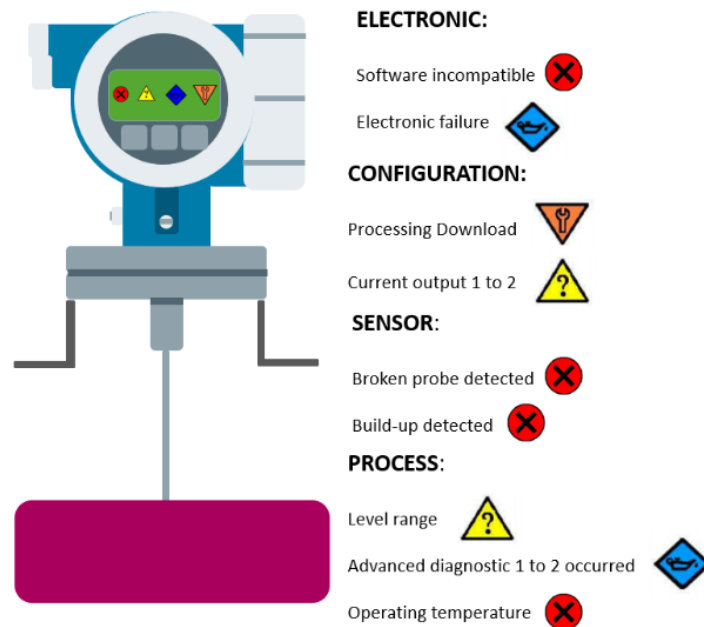
Failed	Out of Specification	Maintenance Required	Check Function
			
High severity: signal invalid due to malfunction in the device, sensor, or actuator	Medium severity: permissible ambient or process conditions exceeded or the measuring uncertainty of sensors or deviations from the set value in actuators is probably greater than expected	Low severity (advisory): although the signal is valid, the remaining life is nearly exhausted or a function will soon be restricted due to operational conditions e.g. aging of a pH-electrode.	Signal temporarily invalid (e.g. frozen) due to on-going work on the device.

Kuva 27. Namur NE107-tilat (Instrumentation Tools 2022).

Tuotantolaitokset voivat sisältää tuhansia kenttälaitteita, jotka ovat kytköksissä prosessiautomaatiojärjestelmään analogiasignaaleja hyödyntäen. Useimmissa tapauksissa kyseisille laitteille annetaan joko yksi ohjausarvo 4-20mA-viestinä tai niiltä luetaan yksi arvo samalla tavalla 4-20mA-viestinä. Yleensä kenttälaitteet pitävät kuitenkin sisällään älykästä itsediagnostiikkaa, joka ei perinteisellä tiedonsiirrolla välity valvomo-operaattoreille tai kunnossapidolle. Laitteiden itse-diagnostiikka, joka on kytköksissä NE107-tiloihin, pystyy yleensä tarjoamaan tietoa laitteen kunnosta. Sen perusteella kunnossapitotoimet voidaan suunnitellusti viedä läpi ja näin vältetään ennenaikaisilta ja suunnittelemattomilta laiterikoilta. NE107-tila myös auttaa yksittäisiä huomiota kaipaavia laitteita erottumaan massasta ja nopeuttaa eri tiloihin reagoimista. Nopealla reagoinnilla ja paremmalla tilannekuvalla voidaan saada aikaan merkittäviä säästöjä operoinnissa- ja kunnossapidossa, kun työt voidaan suorittaa suunnitellusti. (Namur 2022) (Instrumentation Tools 2022)

Kuvassa 28 on esimerkki Endress&Hauserin pintalähtetimestä ja NE107-tilojen kytköksistä eri tapahtumiin ja vikoihin. Esimerkiksi ohjelmiston epäsopivuus aiheuttaa Failure-tilan, kun taas elektroniikkavika yhdistyy Maintenance required-tilaan. Viat ja niiden kytkökset ovat valmistajan määriteltävissä. Toisen

laitevalmistajan elektroniikkavika voi yhdistyä eri NE107-tilaan kuin toisen.
(Endress&Hauser 2022.)



Kuva 28. Endress&Hauser muuttujien ja NE107-tilojen liitännät
(Endress&Hauser 2022).

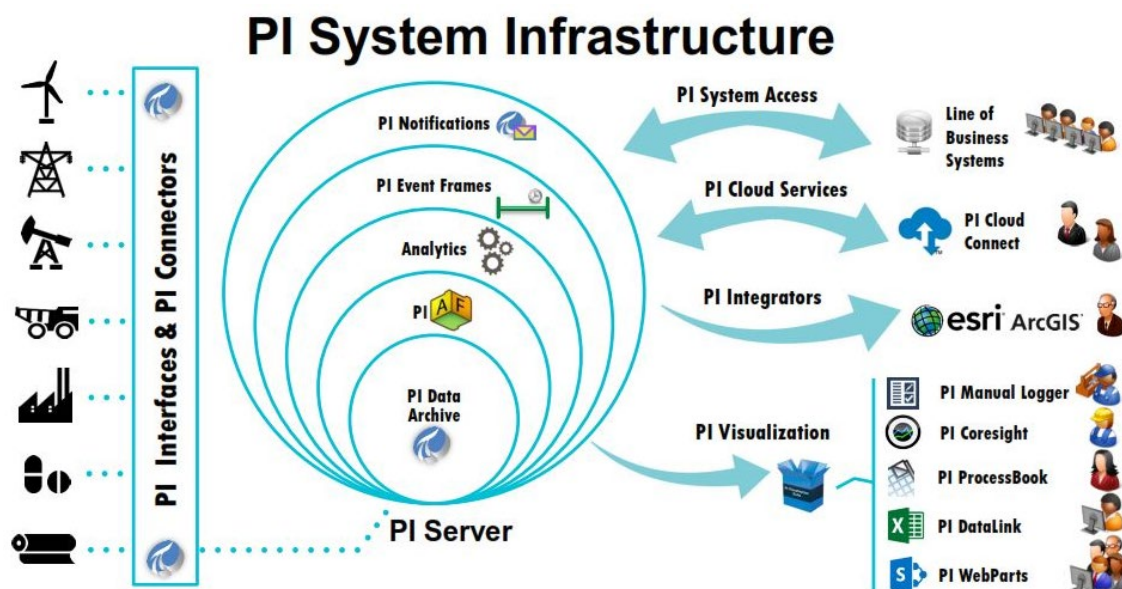
4.3 AVEVA PI järjestelmä

AVEVA PI on OsiSoftin (OSI PI) valmistama prosessidatan analysointiin ja visualisointiin tarkoitettu ohjelmisto. OSI PI -järjestelmä pitää sisällään myös tiedonkeruuliitännäiset ja data-arkiston, eli tietokannan. Automaatiojärjestelmän pääasiallisena tehtävänä on ohjata prosessia eikä arkistoida tai analysoida dataa. PI-järjestelmä taas on luotu sitä varten. Automaatiojärjestelmien kapasiteetti arkistoida dataa on kuitenkin rajallinen. Historiadata muodostuu automaatiojärjestelmästä kerätystä raakadatasta, joka käsitellään ennen tallennusta. Käsittelyssä kerättävä data suodatetaan ja pakataan. Käsittely tehdään levytilan

säästämiseksi ja suorituskyvyn ylläpitämiseksi. PI kytkeytyy omien datakerääjiensä avulla suoraan perushistorian raakadata-lähteeseen, jolla ehkäistään datan korruptoituminen päällekkäisten käsittelyiden takia.

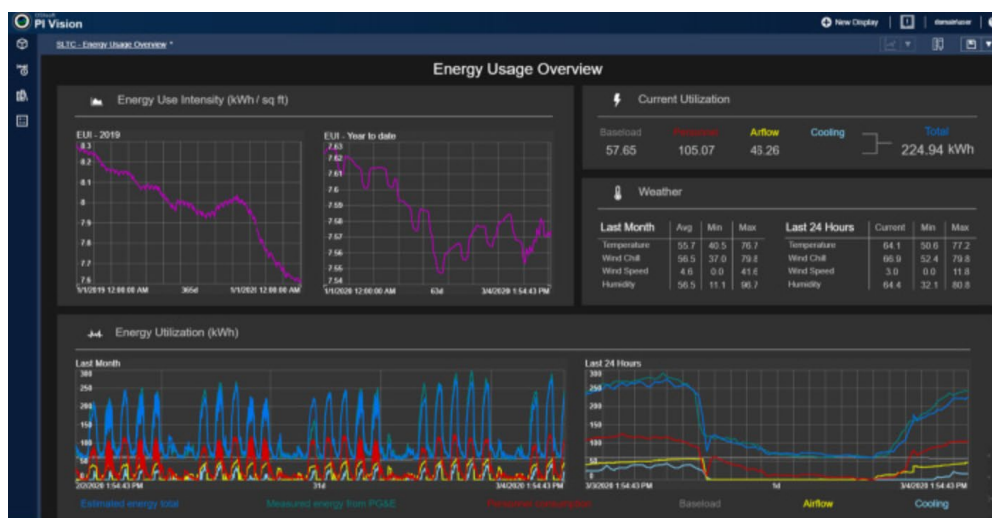
Kuvassa 29 on esitetty PI-järjestelmän rakenteen eri kerrokset. Järjestelmän keskiössä on PI Data Archive, eli varsinainen data-arkisto, jonne kaikki kerättävä data arkistoidaan. Data-arkiston puolella määritellään myös datapistekohtaiset keräysasetukset, joiden perusteella dataa suodatetaan.

Data-arkiston päällä on PI AF, eli *Asset Framework*. Kyseinen kerros mahdollistaa datamuuttujien muotoilun tehokkaammiksi hyödyntäen erillaisia muuttujien tai varsinaisten laitetyyppien mallipohjia, joihin yhdistetään halutut datapisteen. AF:n yläpuolelta löytyy myös analyysityökalut, hälytys- ja tapahtumagenerointi sekä ilmoituspalvelut järjestelmän ulkopuolelle. Järjestelmään on myös mahdollista luoda omia kriittisyysluokkatauluja, joita voidaan hyödyntää visualisoinnissa. (OsiSoft 2022.)



Kuva 29. PI-järjestelmän rakenne (OsiSoft 2022).

AVEVA PI sisältää analysointityökalujen lisäksi PI Vision -visualisointityökalun. Työkalu on web-pohjainen ja helppokäyttöinen. Visualisointityökalun puolella voidaan myös tehdä pikalaskentoja, jotka helpottavat kuvaajien luomista. Kuva 30 on esimerkki PI:n visualisoinnista.



Kuva 30. PI Vision esimerkinäkymä (<http://www.lambdaautomation.com/wp-content/uploads/2019/03/PI-system.jpg>).

4.4 JDE

JDE eli JD Edwards on 1970-luvulla kehitetty toiminnanohjausjärjestelmä. Järjestelmän nimi tulee sen tekijöiden Jack Thompsonin, Dan Gregoryyn ja Ed McVaneyn etunimien alkukirjaimista. Vuonna 2005 Oracle osti järjestelmän PeopleSoftilta. Vuonna 2022 Oracle JD Edwardsilla on 10 297 asiakasta, joka vastaa 4,24% markkinaosuutta toiminnanohjausjärjestelmien toimittajien keskuudessa. Suurimpia kilpailijoita ovat markkinajohtaja Microsoft Dynamics

28,07% osuudella, SAP ERP 14,68% osuudella ja Workday 9,67% markkinaosuudella.

Järjestelmällä on modulaarinen rakenne, jonka ansiosta se pystyy palvelemaan eri toimialojen tarpeita. Valittavia moduuleja ovat muun muassa hankintaketju, varastonhallinta, taloudenhallinta, logistiikka, osto, henkilöstöhallinta, tuotannon suunnittelu, asiakashallinta ja kiinteän kaluston hallinta. Järjestelmän kehitys jatkuu edelleen ja tulevaisuudessa uudet ominaisuudet tulevat tukemaan myös *Big Data*n hallintaa ja erilaisia mobiilisovelluksia.

JDE:n ominaisuudet mahdollistavat integroinnin ulkoiseen tietojärjestelmään. Integroinnin ansiosta reaaliaikaista kunnossapito- tai laitedataa voidaan hyödyntää esimerkiksi työmääraimien automaattisessa generoinnissa. (Corning Data 2021; SLINTEL 2022.)

5 Järjestelmän käyttöönotto ja tiedonkeruu

5.1 FIM käyttöönotto

FIM:in asennus päätettiin tehdä virtuaalipalvelimelle, joka on samassa verkossa muiden järjestelmäpalvelimien kanssa. Virtuaalipalvelimen resurssimäärittelyssä on hyvä ottaa huomioon ohjelman vaatimukset. Työn aikana prosessorien määrää lisättiin ohjelman toiminnan sulavoittamiseksi.

Ohjelman asennus tapahtui ABB:n toimesta. Asennuksessa määriteltiin liikennöintiin käytettävä gateway-palvelin, joka tässä tapauksessa oli insinööriasema 4, eli ES4. Asennuksen jälkeen laitekatalogiin lisättiin kaikki AEF:lta löytyvät EDD-tiedostot. EDD-tiedostojen lisäys tapahtuu FIM:ssä raahaamalla tiedostot suoraan ohjelman katalogin päälle, jolloin ohjelma kysyy lisäämisestä tai päivittämisestä.

Laitekatalogin valmistuttua käynnistettiin skannaus laitetaso kerrallaan. Ensimmäisenä ohjelman skannaus löysi prosessiasemat. Kuvassa 31 näkyvät ohjelman löytämät prosessiasemat.



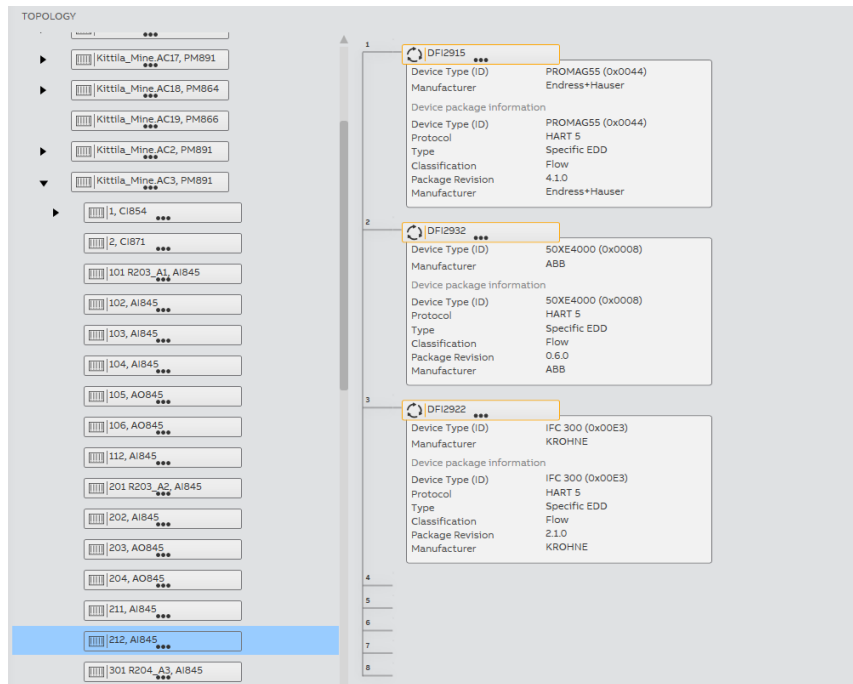
Kuva 31. FIM topologian 1-taso.

Prosessiasematason jälkeen skannattiin asema kerrallaan seuraavat tasot. Prosessiasemien alla topologiassa olivat väylämoduulit sekä *modulebus*-väylän perässä olevat I/O-kortit. Kuvassa 32 näkyy topologian 2-taso, josta löytyy ABB:n väyläkortteja. AEF:lla 90% tiedonsiirtoväylistä on toteutettu Profinetillä.



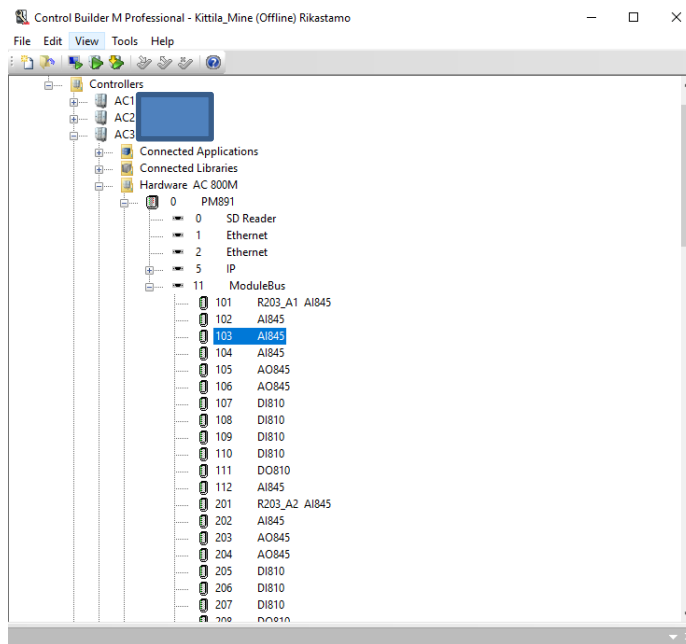
Kuva 32. FIM topologian 2-taso.

Väylämoduulien alta skannaus löysi vielä Profinettiä tai Profibusia käyttäviä etä-I/O-yksiköitä, mutta pääasiallisesti kaikki rikastamon I/O-kortit ovat prosessiasemien *modulebus*-väylän perässä. Kuvassa 33 on näkymä skannauksesta laite-
tasolle asti. Ohjelma tunnistaa automaattisesti laitteet ja linkittää niille katalo-
gista löydetty uusimmat EDD-tiedostot. Jos laitekohtaista EDD-tiedostoa ei löy-
tynyt laitekatalogista, ohjelma lisäsi laitteelle ABB:n geneerisen laitepaketin. Lai-
tekohtainen paketti piti päivittää erikseen, jos se lisättiin ohjelmaan jälkikäteen.



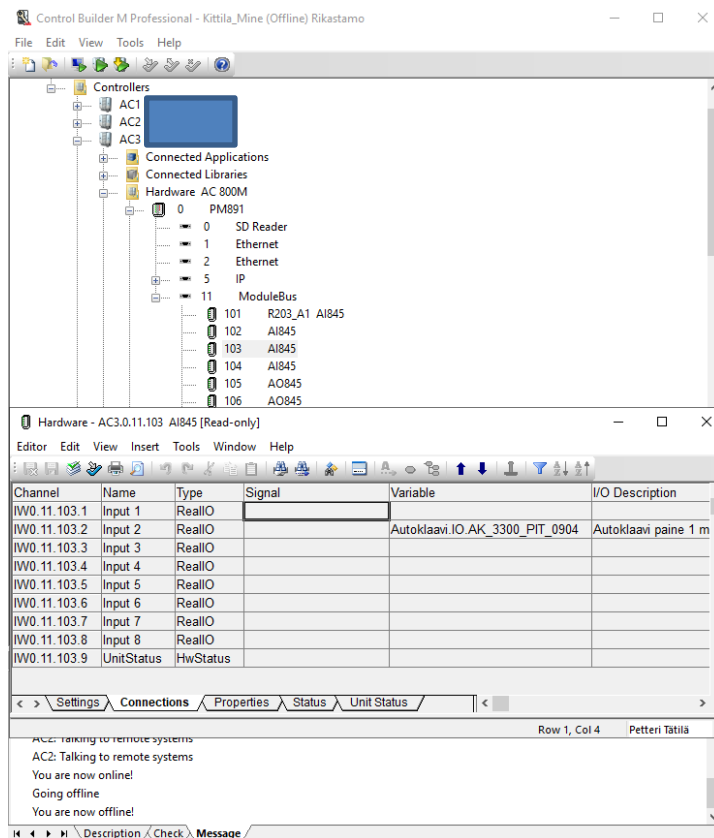
Kuva 33. FIM topologian 3-taso.

Ensimmäinen huomio laitekannan skannauksen jälkeen oli, että 80%:lle laitteista ei ollut määritetty tunnusta. Ilman tunnuksen mukaista rajausta tutkimuksen kohdistaminen autoklaavi-prosessialueelle oli mahdotonta. Tässä vaiheessa apuna oli kuitenkin tieto, että kaikki rajauksen sisäpuolella olevat laitteet ovat ainoastaan kahdella prosessiasemalla – AC3 ja AC13. Kanavakohtaiset tunnukset löytyvät 800xA-järjestelmän laitehallinnasta. FIM-ohjelmistoa ja 800xA-järjestelmää alettiin käymään rinnakkain läpi kanava kerrallaan. 800xA *Control Builder* -työkalusta avautuu samanlainen topologia, kuin FIM:in muodostama topologia kuvassa 33. Kuvassa 34 puolestaan näkyy navigointi AC3 modulebussin kortille, josta vertaus on tehty.



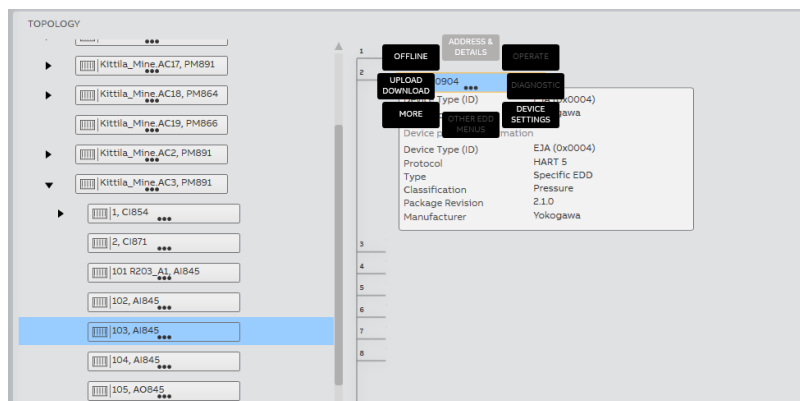
Kuva 34. ABB 800xA *Control Builder* -näytön I/O-kortti.

Kuvassa 35 on *Control Builderista* avautuva korttivalikko, jossa näkyy mihin muuttujiin kyseiset kanavat on kytketty. Kuvassa näkyy myös, että kyseiseltä kortilta on käytössä ainoastaan kanava 2, jonne on kytketty 0904-loppuinen laite.

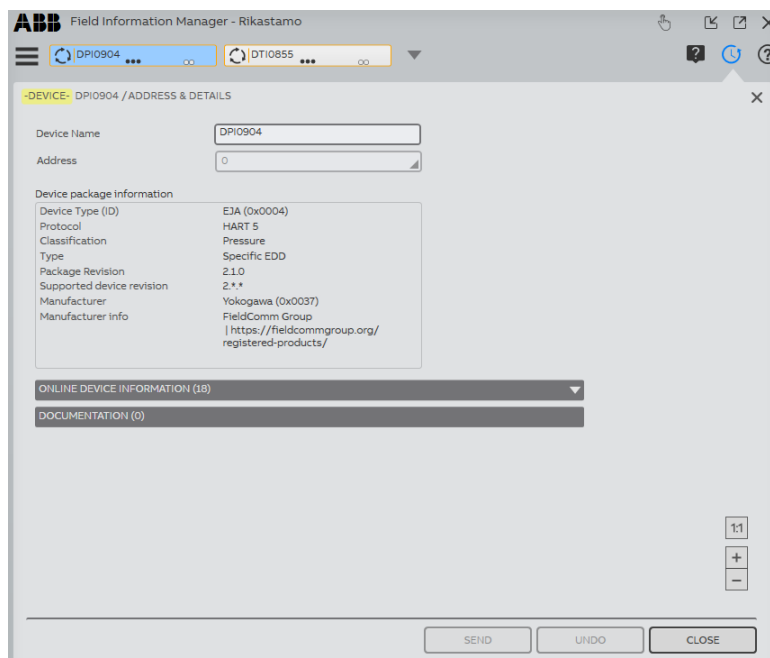


Kuva 35. ABB 800xA *Control Builder* -näkömän I/O-kortin kanavat.

Samainen laite löytyy myös FIM:in topologiasta, jonne laitetunnus muutettiin vaihtamalla kanavalle kytketystä laitteesta *Address & Details*, jonka jälkeen ohjelma siirtää ikkunan laitennäkymään. Laitennäkymässä (kuvat 36 ja 37) tunnus vaihdetaan ja valitaan vasemmasta alakulmasta *Send*, jolloin ohjelma lähettää kentälaitteelle uuden tunnuksen.



Kuva 36. FIM:in laitenäkymä.

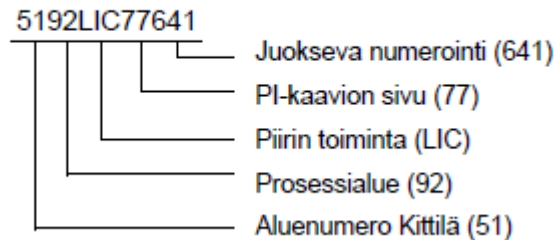


Kuva 37. Laitetunnuksen vaihto.

Ensimmäisen tunnuskorjauksen kohdalla huomattiin, että kenttälaitteen Tag-kenttään pystyttiin laittamaan ainoastaan kahdeksan merkkiä. Kaivoksen nimeämisstandardissa neljä ensimmäistä numeroa on varattu aluetunnuksille, jonka jälkeen seuraa kirjaintunnuksen standardin 14617-6 mukaan. Tämän jälkeen tunnuksessa on vielä maksimissaan viisinumeroinen juokseva numero, joka

pohjautuu PI-kaavion numeroon. Kuvassa 38 on esitetty ote tehdasstandardista piiritunnuksen määrittämiseen. (AEF 2009.)

Piirin positiio muodostuu seuraavasti



Kuva 38. AEF:n laitettunnuksen määrittäminen tehdasstandardissa (AEF 2009).

AEF instrumenttitunnuksen pituus olisi siis maksimissaan 12 merkkiä. Tutkimusta varten kehitettiin korvaava laitenimeämismalli, jota voidaan jatkossa kehittää tarpeen mukaan. Aluksi pohdittiin aluetunnuksen korvaamista numerolla, mutta huomattiin, että numerot 0-9 eivät kata kaikkia prosessialueita. Aluetunnus päätettiin siis korvata kirjaimilla. Taulukossa 3 on esitetty eri aluetunnuksien korvaaminen kirjaintunnuksella. Tutkimuslaitteiden etukirjain on D.

Taulukko 3. AEF:n aluetunnukset yhdistettynä FIM:in aluetunnukseen.

Aluetunnus	Laitetunnuksessa käytetty aluetun- nus	Kuvaus
5130	A	Murskaus
5140	B	Jauhatus
5152	C	Vaahdotus
5163	D	Painehapetus
5170	E	CCD ja CIL
5175	F	Strippaus
5182	G	Neutralisointi
5190	H	Pastalaitos A
5191	I	Vesienkäsittely
5192	J	Reagenssit
5193	K	Rimpipastalaitos
5195	L	Hyödykkeet
5196	M	Labra
5197	N	Metlab
5198	O	Typenpoistolaitos

Kun kaikkien laitteiden tunnukset oli korjattu uuden mallin mukaisesti automaatiojärjestelmään vertaamalla, piti niistä saada suodatettua tutkimuksen rajauksia vastaava näkymä lähtötilanteen selvittämiseksi.

5.2 Sähköpostihaastattelut

Kunnonvalvontadatan analysointi edellyttää seurattavien muuttujien määrittelyä, sekä varoitus- ja hälytysrajojen asettamista. Määrittelyiden jälkeen voidaan myös arvioida datankeräysfrekvenssiä, eli kuinka usein mittausarvot päivittyvät. Kenttälaitteet tuottavat nykypäivänä todella suuren määrän dataa, joten ilman oikeanlaisia määrittelyjä oleelliset laitteen kuntoon vaikuttavat tiedot saattavat hukkua datamassaan. Varoitukset ja hälytykset helpottavat seuranta entisestään, kun raakadatan seuranta voidaan jättää pois ja reagoida ainoastaan tapahtumiin. Tapahtumien tarkempaa analysointia voidaan tehdä raakadataa hyödyntäen.

Laitekohtaisten, seurattavien, muuttujien määrittelyssä hyödynnettiin valmistajien ja laitetoimittajien asiantuntemusta. Tutkimuskohteena olevan prosessialueen laitteista lähetettiin luettelot eri valmistajille ja laitetoimittajille toivoen, että heillä olisi antaa erilaisia suosituksia muuttujien ja raja-arvojen määrittelyyn, joita voitaisiin hyödyntää AEF:n raja-arvojen määrittelyssä. Seuraavissa kappaleissa on vedetty yhteen asiantuntijoiden kommentteja ja suosituksia eri laitetyyppien kohdalta. Suositukset on viety kappaleen liitteiden 3 ja 4 tuloksiin.

5.2.1 Valmet - ND9000

Mitään yleisiä suositusarvoja on vaikea antaa, kun venttiilit ovat yksilöitä ja lisäksi prosessin olosuhteet vaikuttavat venttiilin toimintaan. Eli yleensä kaikki hälytys- varoitus ja laskurien rajat käydään läpi ja asetellaan venttiilikohteisesti

Laskurit (Counters) toimivat muistutuksena tarkastuksille. Niistä voisi nostaa esille Spool Valve Reversals eli luistiventtiilin suunnanvaihdot. Luistiventtiili on oikeastaan ainoa kuluva osa asennoittimessa joten noin 20 000 000 kohdalla voisi tehdä laitteelle autokalibroinnin ja seurata venttiilin toimintaa. Sen perusteella joko laskurin rajan nosto tai luistiventtiilin vaihto.

Itse diagnostiikan varoitus- ja hälytysrajojen asettaminen täytyy tehdä aina venttiilikohteisesti. Eli tutkitaan diagnostiikan historia ja sen perusteella asetetaan rajat. Tähän voin kuitenkin antaa joitakin yleisiä raja-arvoja, mutta ne eivät välttämättä ole sopivat kaikissa laitteissa.

Stiction eli kitka. Tässä tason lähestyessä puolta syöttöpaineesta, käytetään sitä varoitusrajana. Tässäkin varoitusraja kannattaa laittaa alemmaksi jos diagnostiikan historia sen sallii.

Load For Opening eli avautumiskuorma, tässä myös tason lähestyessä puolta syöttöpaineesta, käytetään sitä varoitusrajana ja varoitusraja kannattaa laittaa alemmaksi jos diagnostiikan historia sen sallii.

Supply Pressure eli asennoittimen syöttöpaine. Normaalin syöttöpaineen ollessa 6 bar, rajan voisi asettaa esim 4 baariin. Tällöin saadaan hälytys jo syöttöilmaletkuun tulee halkeama tai kenttäkotelon ilmansuodin tukkeentuu.

Steady State Deviation eli staattinen säätöpoikkema. Tämä kertoo venttiilin ohjauksen ja todellisen asennon välisen eron venttiilin ohjauksen ollessa esim 0%. Tässä raja voisi lähtötaso-tilanteesta riippuen olla 1-2%.

Dynamic State Deviation eli dynaaminen säätöpoikkeama. Tämä kertoo venttiilin ohjauksen ja todellisen asennon välisen eron venttiili ollessa säädössä. Tässä raja voisi lähtötaso-tilanteesta riippuen olla 1-2%. (Valmet 2022.)

5.2.2 Endress&Hauser kenttälaitteet:

Meillä on uusissa laitesarjoissa itsediagnostiikkaominaisuus HeartBeat, jossa on tällaisen raja-arvoseurannan mahdollistavia funktioita, jotka laitetyypistä riippuen saattaisivat olla hyödyllisiä kunnonvalvonnassa (esimerkiksi tutkassa kaiun voimakkuus tai vuoraantuminen mankkuputkissa, korroosio massaputkissa). Alla linkki lisätietoihin:

<https://www.endress.com/en/field-instruments-overview/measurement-technologies/smart-instrumentation-heartbeat-technology>

Meidän laitteista saa diagnostista tietoa juurikin tuon namurin mukaisilla koodeilla oli kyseessä sitten huoltoa/huomiota/vikaa ilmoittava koodi.

Nämä samat hälytykset näkyvät myös itse laitteen näytöllä, mutta jos ne tulisivat järjestelmään asti, niin kunnossapidossa osattaisiin varautua ennakoon ennen kentälle menoa esimerkiksi tarvittavilla varaosilla, kun tiedetään mikä hälytys siellä on päällä. Nämä Namur-koodit kuitenkin ovat useimmissa tapauksissa reaktiivisia hälytyksiä, eli ennakoivaan kunnossapitoon kuten mm. vuoraantumisen seurantaan nämä eivät suoraan taida käydä.

Tosin, jos teillä ei tule mitään infoa järjestelmään tällä hetkellä niin tämä olisi heti askel parempaan suuntaan.

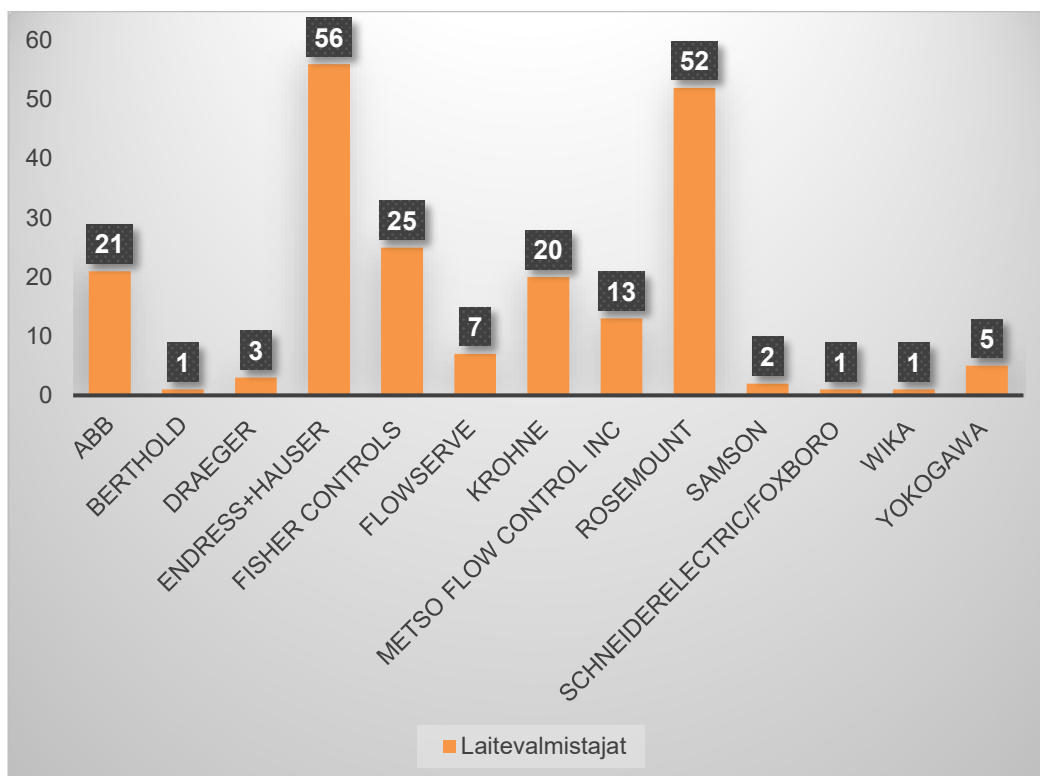
Tarvittava kunnossapitotieto pitäisi siis tarkemmin selvittää prosessin vaatimusten perusteella ja katsoa laitetyypin mukaisesti mikä on mahdollista ja miten kyseessä oleva seuranta kannattaa ottaa käyttöön. (Endress&Hauser 2022.)

6 Aineiston analyysi

6.1 Lähtötilanne

Tutkimuskohteeksi rajatulla prosessialueella oli alun perin 208 kenttälaitetta, jotka FIM tunnisti. Myöhemmissä skannauksissa selvisi, että osa laitteista oli purettu tutkimuksen aikana pois, jolloin lopullinen laitemäärä oli 203. FIM laiteluetteloon lisättiin tutkimusta varten valmis suodatus (5163 – Autoklaavi), jonka avulla tiettyjen laitteiden tilaseuranta helpottui. Lähtötilanteen laiteluettelo löytyy liitteestä 1.

Valmistajakohtainen jaottelu näkyy kuvassa 39. Valmistajien mukaan jaoteltuna suurin osa prosessialueen kenttälaitteista on Endress&Hauserin ja Rosemountin valmistamia.



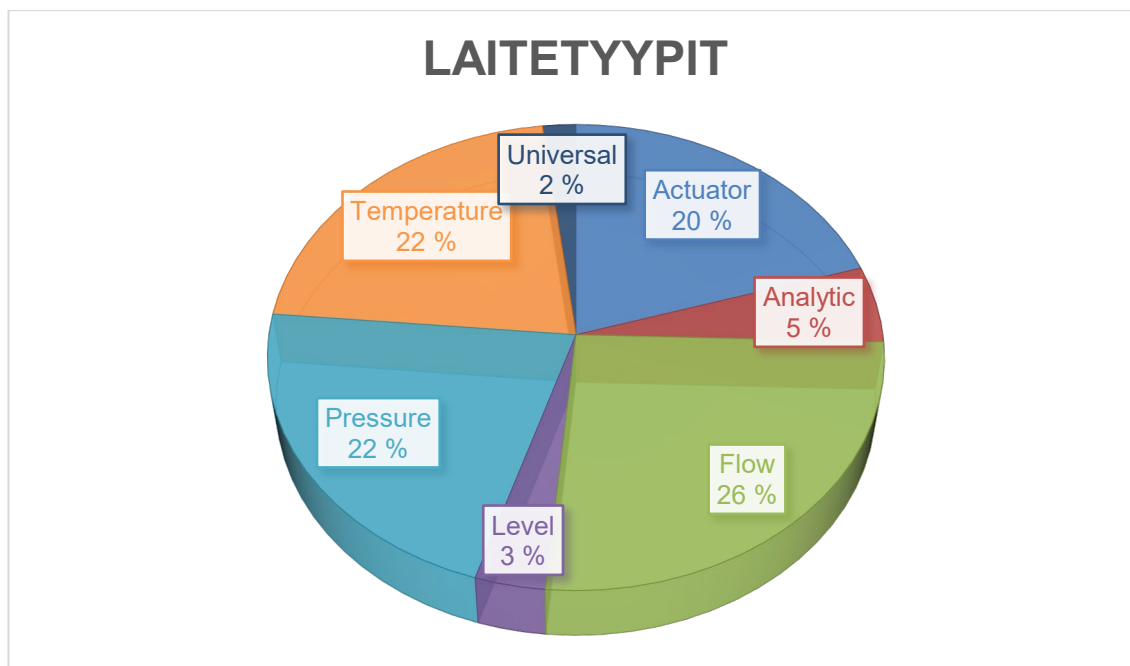
Kuva 39. Valmistajakohtaiset laitemäärät.

Alla olevassa taulukossa 4 on esitetty laitetypit valmistajien mukaan. Laitetyypit FIM tunnistaa EDD-tiedostojen perusteella. Universaaleiksi määritellyt laitetypit käyttävät FIM:ssä oletuksena olevaa laitekuvaustiedostoa. Universaalit laitteet ovat tässä tapauksessa pääasiallisesti virtausmittareita.

Taulukko 4. Valmistajakohtaiset laitemäärät laitetyypeittäin.

Valmistaja/Tyyppi	Määrä
ABB	20
Pressure	10
Temperature	6
Universal	4
ABB	1
Flow	1
Berthold	2
Level	2
Draeger	3
Analytic	3
Endress&Hauser	56
Analytic	3
Flow	13
Level	3
Pressure	9
Temperature	28
Fisher Controls	25
Actuator	25
Flowserve	7
Actuator	7
Krohne	20
Flow	19
Level	1
Metso Flow Control Inc	13
Actuator	8
Analytic	5
Rosemount	52
Flow	20
Level	1
Pressure	21
Temperature	10
Samson	2
Actuator	2
SchneiderElectric/Foxboro	1
Flow	1
WIKA	1
Temperature	1
Yokogawa	5
Pressure	5
Kaikki yhteensä	208

Kuvassa 40 on esitetty kaikki kohteen laitetypit prosentuaalisesti. Kenttälaitteista suurin osa (90%) on virtaus-, lämpötila- ja painemittauksia sekä älykkäitä venttiiliasennoittimia. Jäljelle jäävä kymmenen prosenttia koostuu analyysi- ja pinnanmittauksista sekä universaaleiksi luokitelluista laitteista.



Kuva 40. Laitetyyppijakauma.

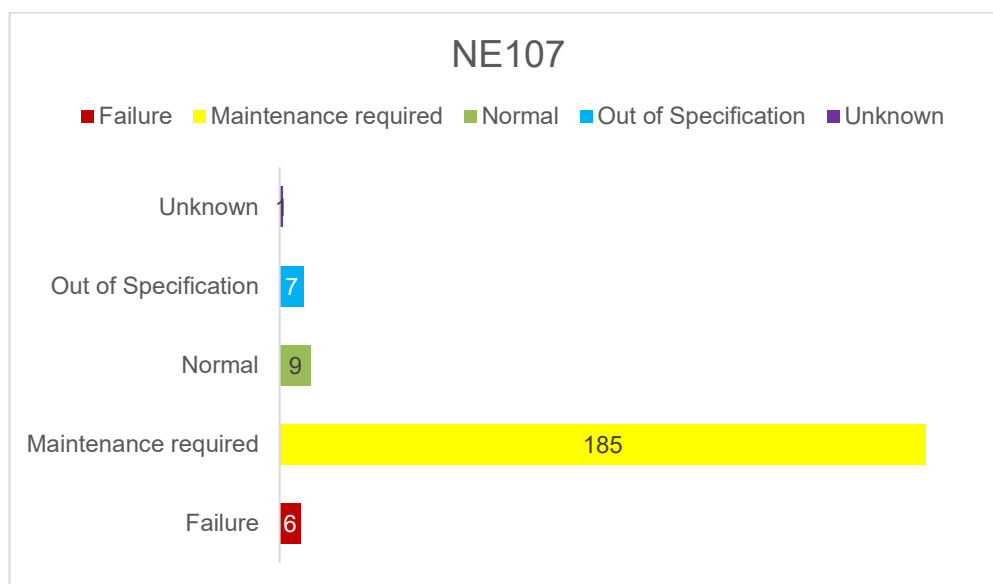
Varoitus- ja vikakuvaskenttiä tarkastellessa kävi ilmi, että suurimmalta osalta laitteita puuttuivat *offline*-parametrit FIM:istä. Offline-parametrien puuttuessa FIM antaa varoituksen "*No offline dataset exists*", eli laitteen parametreja ei voida tarkastella ottamatta yhteyttä laitteeseen. Parametrit joudutaan tässä tapauksessa aina lataamaan uudestaan laitteelta, eikä niitä laitteenvaihdon jälkeen voida ladata laitteelle, kun niitä ei järjestelmästäkään löydy. Toiseksi yleisin varoitus, joka näkyy taulukossa 5, on "*Field device identifier name is different*", jonka ohjelma antaa, jos laitteelle annettu HART-tunnus eroaa FIM:iin syötetystä laitetunnuksesta. Tämä voidaan korjata lataamalla laitteelle FIM:issä oleva laitetunnus. Kolmas varoitus "*Offline dataset modified*" syntyy, kun laitteen parametreja muutetaan *offline*-tilassa, eikä muutoksia ladata laitteelle. Samainen varoitusilmoitus syntyy myös, jos kaikkia laitteen parametreja ei voida

ladata. Myöhemmissä kappaleissa on esitetty erilaisia vikailmoituksia, jotka ovat ilmenneet parametrien latauksen yhteydessä.

Taulukko 5. FIM laitekohtaiset varoitukset tyyppittäin.

Varoitukset	Määrä / WARNINGS
No offline dataset exists	187
Field device identifier name is different	16
Offline dataset modified	1
Kaikki yhteensä	204

Lähtötilanteessa tarkasteltiin myös NAMUR NE107 -tilat. Kuvassa 41 nähdään, että 185 laitetta oli koodin mukaan huollon tarpeessa ja ainoastaan yhdeksän oli normaalitilassa. Kuusi laitetta oli vikatilassa ja seitsemän soveltuvuusmääritellyn ulkopuolella. Lisäksi yhden laitteen tila oli vielä tuntematon. Myöhemmässä tarkastelussa kävi ilmi, että tuntemattoman laitteen yhteys oli katkennut skannausten välillä.



Kuva 41. NE107 -tilojen jakauma.

6.2 Laiteparametrien tutkiminen ja tiedonkeruun valmistelu

Lähtötilanteen tarkastelusta esille nousi kaksi tehtävää, jotka tuli tehdä ennen kuin FIM raportoinnin laatu saatiin tarpeeksi hyvälle tasolle. Ensimmäinen oli laitteiden parametrien lataus järjestelmään, jonka avulla saatiin poistettua turhat virheilmoitukset FIM:stä. Toinen oli aktiivisten NE107-tilojen tarkastelu, joka sisälsi laitteen varoitus- ja vikailmoitusten tarkistukset ja kuittaukset. FIM-raportoinnin laatua parantavien toimenpiteiden lisäksi samalla tutkittiin laitekohtaisten muuttujien määrää ja soveltuvuutta indikoimaan laitteen kuntoa.

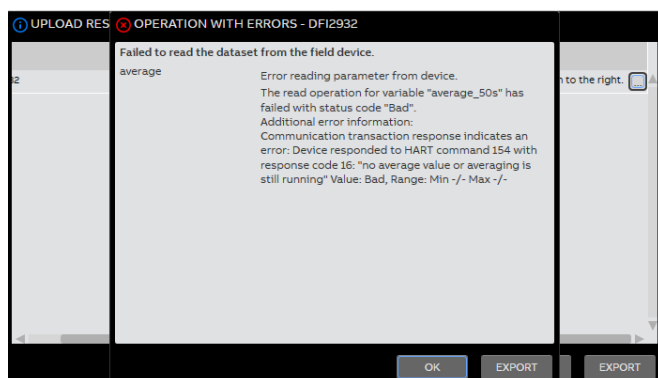
Kaikki kolme edellä mainittua toimenpidettä tehtiin laite kerrallaan manuaalisesti. Toimenpiteiden huomiot kirjattiin Excel-taulukkoon, jossa pohjana käytettiin alkutilanteen laitelistaa. Taulukkoon lisättiin omat sarakkeet NE107-tilaan liittyviä huomioita ja hyödynnettäviä muuttujia varten. Taulukko löytyy liitteestä 1.

Lähtötilanteessa kaikki parametreihin liittyvät varoitukset haluttiin minimoida. Tätä varten kaikkien laitteiden parametrit haluttiin ladata FIM:iin talteen. HART:in välityksellä *offline*-parametrien lataaminen oli kohtuullisen hidasta. Yhden laitteen parametrien lataamiseen kului arviolta yhdestä kolmeen minuuttia riippuen laitteen EDD-tiedoston kattavuudesta, eli HART-tasosta. Ylemmän tason laitteilla latauksen kesto oli huomattavasti pidempi. Maksimissaan yhden laitteen parametrien haku kesti kymmenen minuuttia. Joidenkin laitteiden *offline*-parametrien hakeminen ja tallentaminen järjestelmään ei onnistunut ollenkaan. Esimerkiksi Draegerin Polytron 7000 -kaasuanalysaattoreiden parametrien latauksessa ilmeni ongelma liittyen päivänmääräkenttään. Taulukossa 6 näkyy FIM:in antama virheilmoitus parametrin latauksen jälkeen. Ilmoituksen jälkeen FIM antaa laitteen kohdalla varoitustekstin, jossa ilmoitetaan että kaikki laitteen parametrit eivät ole tallessa järjestelmässä.

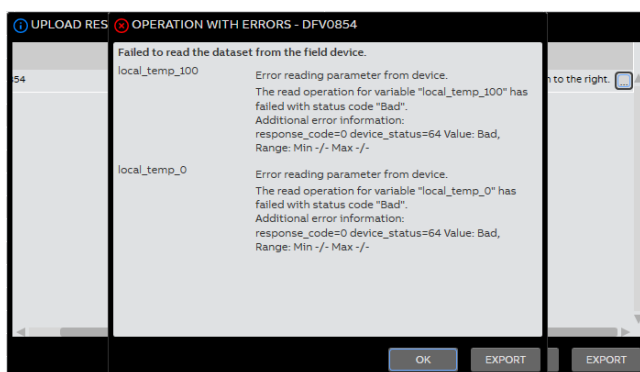
Taulukko 6. FIM:in laiteparametrien latauksessa ilmennyt vika.

NAME	DESCRIPTION	DETAILS
Date	Error reading parameter from device.	The read operation for variable "date" has failed with status code "Bad_OutOfRange". Additional error information: response_code=0 device_status=64 Value: NaN, Range: Min -/- Max -/-

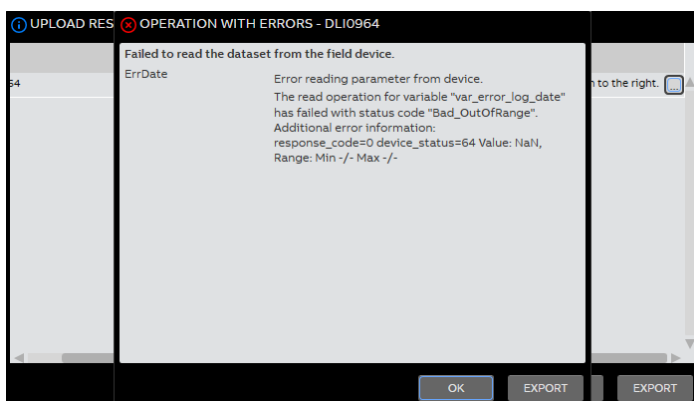
Myös kuvien 42, 43, 44 ja 45 mukaisia virheilmoituksia ilmeni parametrien latauksen yhteydessä. Kaikki tutkimuksen yhteydessä esille nousseet virheilmoitukset on kirjattu ylös ja syyt selvitetään toimittajien kanssa.



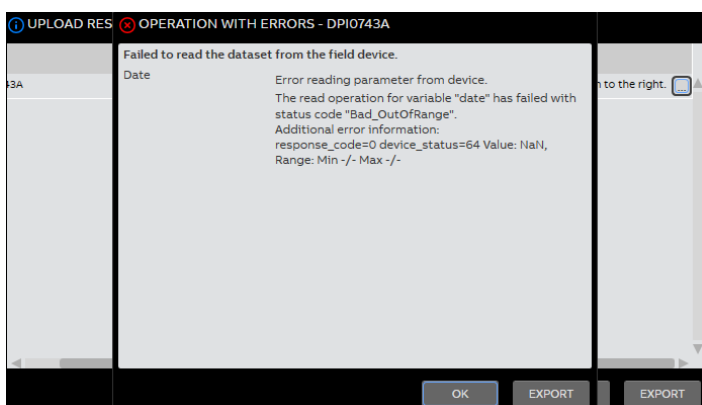
Kuva 42. FIM:in virheilmoitus 1.



Kuva 43. FIM:in virheilmoitus 2.

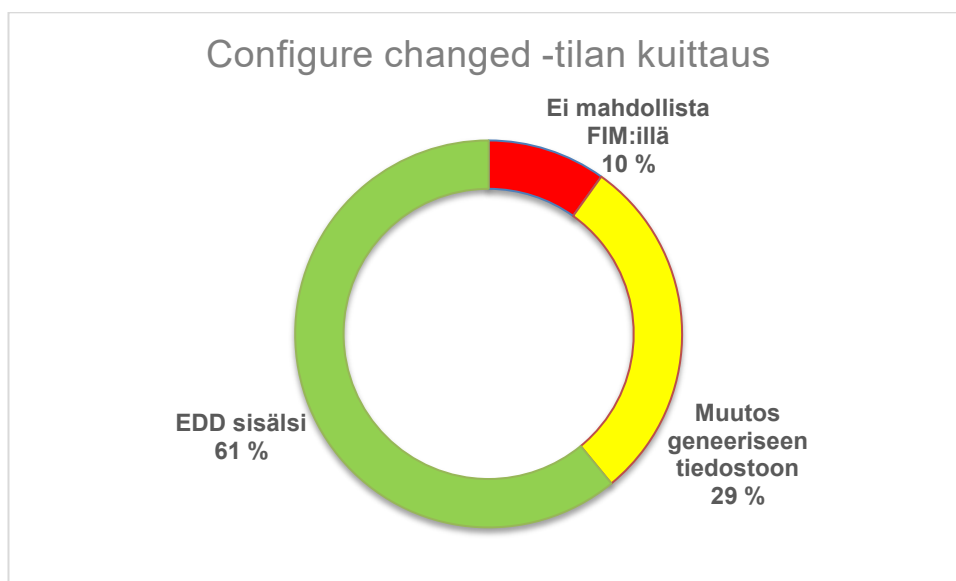


Kuva 44. FIM:in virheilmoitus 3.



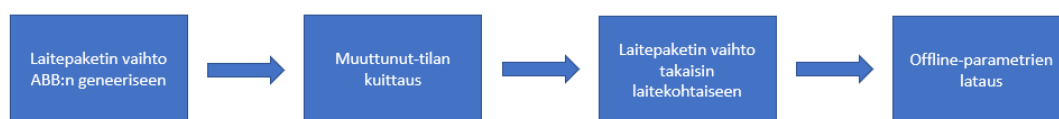
Kuva 45. FIM:in virheilmoitus 4.

NE107-tilojen tarkastelun yhteydessä huomattiin heti alussa, että suurin osa *Maintenance Required* -tiloista johtui kentällä tehdyistä parametrimuutoksista. Kenttälaitteiden yksi HART-muuttuja on *configuration changed* -bitti tai tila, joka ilmaisee, jos laitteen parametrit ovat muuttuneet, eikä muutoksia ole kuitattu. HART:in välityksellä tehdyt muutokset eivät aiheuta tilaan muutosta, mutta kentällä tehty muutos aiheuttaa. Muutoksen jälkeen *configuration changed* -tila pitää aina erikseen kuitata tai muuten laitteen NE107 jää *Maintenance Required* -tilaan. *Configure changed* -tilan kuittaamisella noin 70% laitteista palautui normaalitilaan. Tilatiedon kuittaamiseen ei ollut yhtä ainoata tapaa, koska joidenkin laitteiden EDD-tiedosto ei sisältänyt suoraan kuittausominaisuutta. Kuvassa 46 on esitetty tilasto otannan laitteista ja eri tilatietojen kuittausmahdollisuuksista. Kuvaajasta nähdään, että 61% laitteista pystyttiin kuittaamaan uusinta EDD-tiedostoa hyödyntäen, kun taas 29% laitteista EDD-tiedosto piti vaihtaa ABB:n geneeriseen laitetiedostoon, joka mahdollisti kuittauksen.



Kuva 46. Laitteiden kuittaustapojen jakauma.

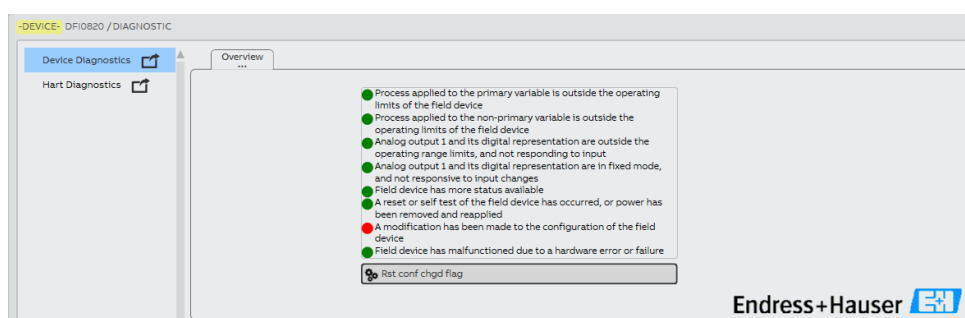
Laitepaketin vaihto hävittää aina FIM:in ladatut *offline*-parametrit kyseisen laitteen osalta, joten yhden kuittaustoiminnon tekeminen vie aikaa useita minuutteja. Kuittausprosessi edellä mainituille tapauksille on esitetty kuvassa 47.



Kuva 47. Muuttunut-tilan kuittausprosessi.

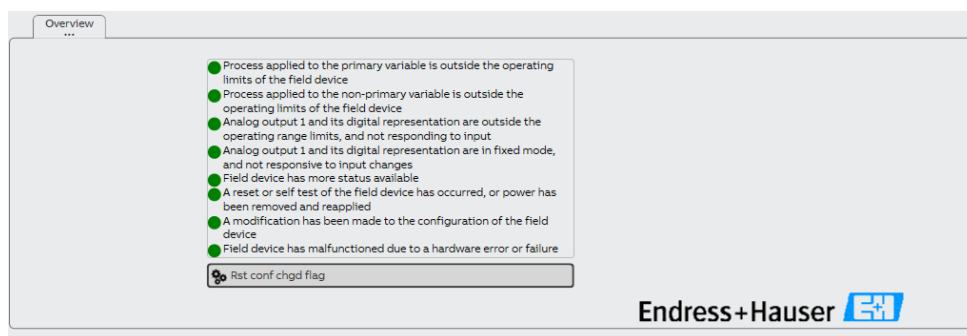
Joidenkin laitteiden tiloja ei päästy kuittaamaan, vaikka laitepaketti vaihdettiin geneeriseen. Näiden laitteiden osuus oli 10%. Yleisin kuittaamatta jäänyt laite oli Krohnen IFC300-virtauslähetin, joka olisi vaatinut erillisen työkalun käyttämistä tai kentältä tapahtuneen kuittauksen. Kuittaamattomiin laitteisiin jäi *maintenance required* -tila päälle. Kyseiset laitteet on otettu huomioon NE107 vaihteluvälin analysoimisessa.

Endress&Hauserin virtauslähettimen laitepaketti sisälsi kuittausominaisuuden. Kuvassa 48 näkyy, kuinka laitteen *configure changed* -tila näkyy punaisena. Kuittaus tapahtui alla näkyvästä painikkeesta.



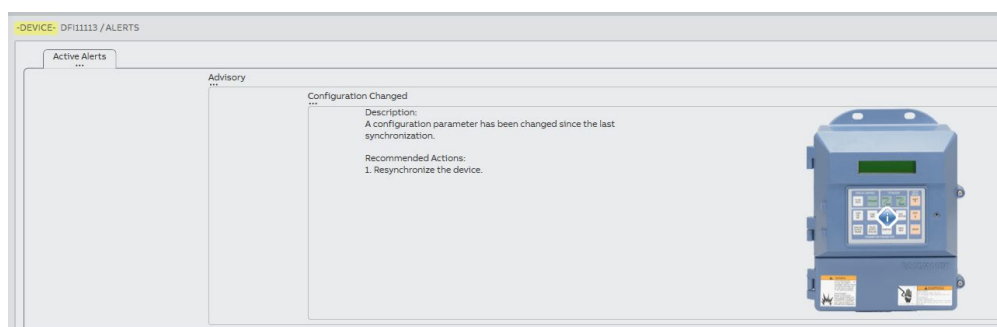
Kuva 48. *Configure changed* -tilan indikointi.

Kuittauksen jälkeen kenttä muuttui vihreäksi ja laitteen NE107 palautui normaaliin tilaan, mikä näkyy kuvasta 49.



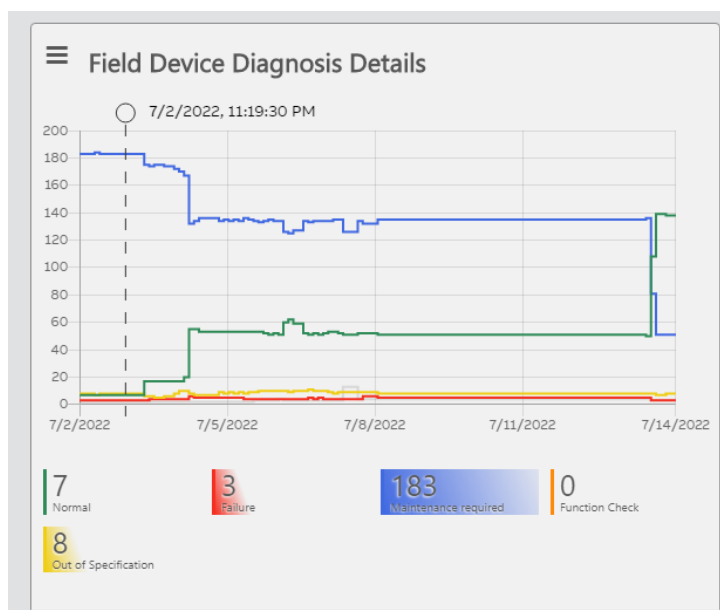
Kuva 49. *Configure changed* -tila kuitattuna.

Eri valmistajien laitepaketit eroavat toisistaan ja samalla eroavat myös eri tilojen esitystavat. Alla olevassa kuvassa 50 on Rosemountin virtauslähettimen tilan esitystapa.



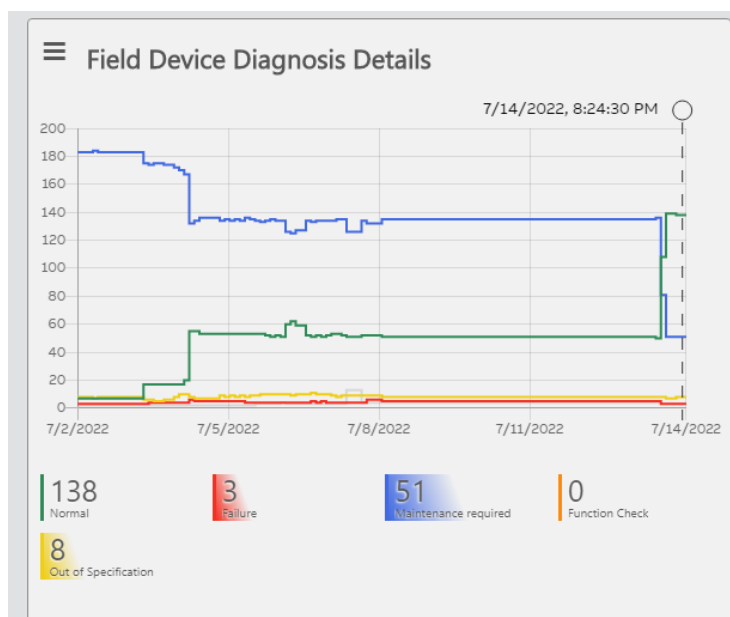
Kuva 50. Rosemountin virtauslähettimen tilatietojen esitystapa.

Kuvan 51 vasemmassa reunassa näkyy alkutilanne ennen laitteiden muutostilojen kuittauksia. Kuvan alalaidassa olevat numeeriset arvot tulevat kuvan osoittimen kohdalta, eli 2.7.2022. Alkutilanteessa NE107-koodin mukaan huoltoa vaativien laitteiden osuus oli merkittävä.



Kuva 51. FIM-kuvaaja laitetiloiista ennen kuittauksia.

Kuvassa 52 nähdään tilanne kuittausten jälkeen. 51 laitteesta 19:ssä kuittaus-toiminto ei ollut mahdollinen. Lopuissa 32 laitteessa oli jokin muu varoitus tai vika, joka aiheutti *maintenance required* -tilan. Kaikki kyseiset varoitukset ja viat kirjattiin Excel-taulukkoon, joka löytyy liitteestä 1. Kuvassa olevasta kuvaajasta voidaan myös huomata, että kuittauksia tehtiin useampana ajankohtana. Nämä ilmenevät suurena muutoksena huoltoa vaativien- ja normaalitilojen suhteessa.

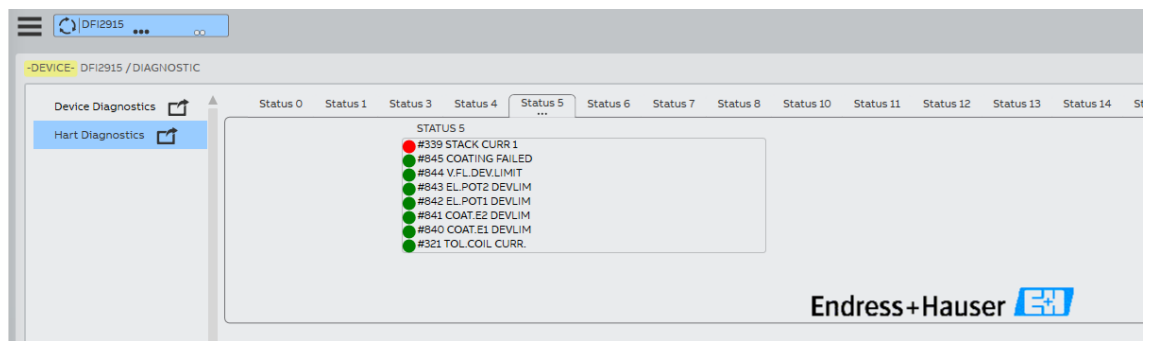


Kuva 52. FIM-kuvaaja laitetilosta kuittausten jälkeen.

Jos laite jäi muutostilan kuittaamisen jälkeen *maintenance required* -tilaan, niin laitteen diagnostiikkaa tutkittiin tarkemmin. Seuraavissa kappaleissa on esitetty esimerkkihavaintoja, joita havaittiin diagnostiikkaa tutkimalla.

Kuvissa 53 ja 55 näkyy esimerkkejä Endress&Hauserin virtauslähettimen vika-diagnostiikasta, josta voidaan havaita, että laitteessa on aktiivinen vika. Kyseiset viat aiheuttavat laitteelle joko *maintenance required* tai *failure* -tilan riippuen laitevalmistajan määrittämisestä. Kyseisessä tapauksessa laitteelle tuli *maintenance required* -tila. Endress&Hauserin manuaalista löytyy suoraan vikakuvaukset ja toimenpiteet, joita voidaan hyödyntää kriittisyyden arvioinnissa.

Kuvassa 54 näkyy vika #339 STACK CURR 1, johon manuaalista (Endress&Hauser, Operating Instructions Proline Promag 50 2022) löytyy seuraavat ohjeet: "Ongelma liittyy analogialähdön skaalaukseen."

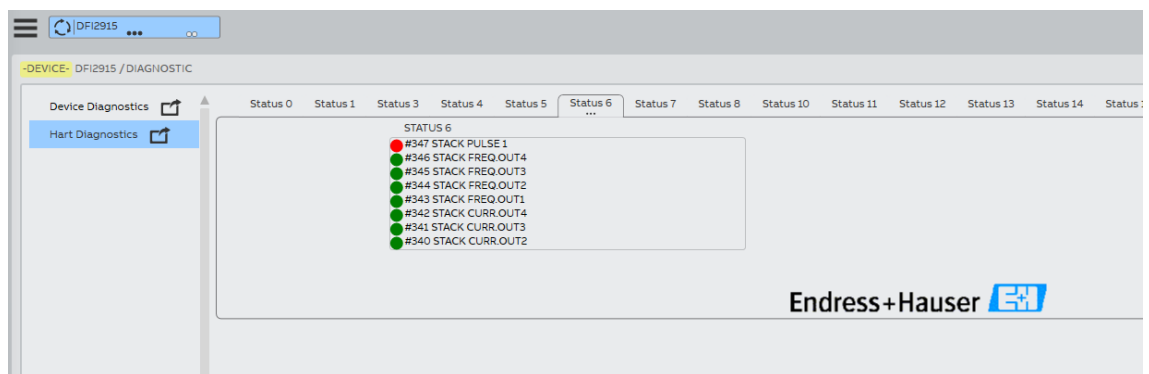


Kuva 53. HART-diagnostiikan löytämä vika 1.

339 to 342	S: STACK CURRENTOUTPUT n #: # 339 to 342	The temporarily buffered flow portions (measuring mode for pulsating flow) could not be cleared or output within 60 seconds.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Change the upper or lower limit setting, as applicable. 2. Increase or reduce flow, as applicable. <p>Recommendations in the event of fault category = FAULT MESSAGE (#):</p> <ul style="list-style-type: none"> – Configure the fault response of the output to "ACTUAL VALUE", so that the temporary buffer can be cleared → 96 – Clear the temporary buffer by the measures described under Item 1.
343 to 346	S: STACK FREQUENCY OUTPUT n #: # 343 to 346		

Kuva 54. Laitemanuaalin viankuvaus 1.

Kuvassa 55 näkyy vikakoodi #347 STACK PULSE 1 ja manuaalista (Endress&Hauser, Operating Instructions Proline Promag 50 2022) löytyy toimenpide, joka on esitetty kuvassa 56. Vika on suoraan kytköksissä edelliseen vikaan ja sama korjaustapa toimii molempiin.



Kuva 55. HART-diagnostiikan löytämä vika 2

No.	Error message / Type	Cause	Remedy / spare part → 98ff
347 to 350	S: STACK PULS OUTPUT n !: # 347 to 350	The temporarily buffered flow portions (measuring mode for pulsating flow) could not be cleared or output within 60 seconds.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Increase the setting for pulse value. 2. Increase the max. pulse frequency, if the totalizer can handle a higher number of pulses. 3. Increase or reduce flow, as applicable. <p>Recommendations in the event of fault category = FAULT MESSAGE (#):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Configure the fault response of the output to "ACTUAL VALUE", so that the temporary buffer can be cleared → 96 - Clear the temporary buffer by the measures described under Item 1.

Kuva 56. Laitemanuaalin viankuvaus 2.

6.3 Laitekohtaisten muuttujien hyödyntäminen ja kriittisyysluokittelu

Laitteiden parametrien latauksen ja muutostilojen kuittaamisen yhteydessä tutkittiin myös laitekohtaisia muuttujia, joita voitaisiin hyödyntää kunnonvalvonnan näkökulmasta. Nämä muuttujat on listattu liitteen 3 laitekohtaisissa taulukoissa.

Kaikkien laitekohtaisten muuttujien jatkuvatoiminen keräys ei ole järkevää datamäärän paljouden ja toisaalta niistä saadun hyödyn vähyiden vuoksi. On huomattavasti tehokkaampaa valita tarkoin ne muuttujat, joiden muutos aiheuttaa suoraan jonkin kunnossapidollisen toimen tai tuottaa muuten tärkeää tietoa laitteesta tai sen ympäröivän prosessin tilasta. Suodattamalla kerättävää dataa myös sitä jatkojalostavan järjestelmän rakenne pysyy selkeänä. Laitekohtaiset datankeruu-standardit mahdollistavat myös valmiiden laitepohjien käytön AVEVA PI -järjestelmässä. Tämä säästää huomattavasti aikaa, kun laitepohja hakee tietovarastosta tietyt tiedot valmiiksi.

AEF:ltä ei löydy valmiiksi standardoitua kriittisyysluokittelutaulukkoa laite- tai prosessihälytyksille, joten tutkimusta varten on luotu kriittisyysluokittelutaulukko kunnossapitonäkökulmasta. Taulukon kriittisyysluokkia ei voida suoraan hyödyntää prosessilaitteiden, kuten instrumenttien, kriittisyysluokittelussa. Laitteen oma kriittisyysluokittelu, joka ottaa kantaa laitteen tärkeyteen useista näkökulmista, voisi pidemmälle viedyssä versiossa toimia lisäkertoimena.

Taulukossa 7 hälytysten kriittisyysasteikoksi on määritelty yhdestä neljään. Samat kriittisyysluokat löytyvät myös ABB 800xA-järjestelmästä. Korkeimman kriittisyyden luokka on neljä ja alhaisimman yksi. Taulukosta löytyvät omat sarakkeet selitteelle, kuvaukselle, toimenpiteille ja korjausviiveelle. Selite kuvaa hälytyksen luokkaa yhdellä sanalla, kuten kriittinen tai hyödyllinen. Kuvaussarakkeen tiedot kertovat, miten kyseinen hälytys vaikuttaa suoraan laitteen toimintaan tai välillisesti prosessiin. Toimenpiteet-sarakkeessa on listattu toimenpiteet, jotka tulisi suorittaa kyseessä olevan hälytyksen ilmaantuessa. Korjausviivesarake kuvaa toimenpiteiden kiireellisyyttä. Taulukon luokka on annettu jokaiselle liitteessä 3 esitetyille kerättävälle muuttujalle, jos sitä tullaan käyttämään suoraan kunnonvalvontahälytyksissä ja -tapahtumissa. Laitemuuttujien taulukoihin on lisätty oma sarake kriittisyysluokalle.

Taulukko 7. Laitehälytysten kriittisyysluokittelu.

Kriittisyysluokka	Selite	Kuvaus	Toimenpiteet	Korjausviive
4	Kriittinen	Hälytyksen ilmetessä laite ei enää toimi oikein ja vaikuttaa koko prosessin tai osaprosessin toimintaan. Aiheuttaa tuotantotappioita, jos laite on kriittisessä kohteessa.	Laitteen vaihdon suunnittelu aloitettava välittömästi.	Välitön
3	Tärkeä	Hälytyksen ilmetessä laite toimii, mutta sen toiminta on heikentynyt. Vaikuttaa koko prosessin tai osaprosessin toimintaan.	Laitteen kunnon tarkistus ja tarkempi seuranta. Laitteen vaihdon tai korjauksen suunnittelu ja aikataulutus tarkemman selvityksen perusteella.	Seuraava suunniteltu katko / Välitön
2	Hyödyllinen	Hälytyksen ilmetessä laite toimii, mutta sen toiminnan kehitystä tulisi seurata.	Laitteen kunnon tarkistus ja manuaalinen seuranta. Laitteen vaihdon tai korjauksen suunnittelu ja aikataulutus tarkemman selvityksen perusteella.	Seuraava suunniteltu katko
1	Vähäinen	Hälytyksen ilmetessä laite toimii, mutta sen toimintaa tulisi tarkastella.	Laitteen kunnon tarkistus.	Ei toimenpiteitä

NE107-tiloille ei voida käyttää samaa taulukkoa, vaan niille on luotu oma alla oleva taulukko. Taulukosta 8 voidaan nähdä, että kriittisyysluokka 3, eli NE107-tila Failure on ainoa niin sanottu kriittinen tila, jolloin laitteen toiminta on muuttunut. Muiden tilojen määrittely on riippuvainen laitevalmistajan näkökulmasta, joten niiden yksiselitteinen kriittisyysluokittelu on haastavaa. AEF:n luokittelussa niitä ei lueta kriittisiksi, vaan tarkistettaviksi ja seurattaviksi kohteiksi.

Taulukko 8. NE107-muuttujien kriittisyysluokittelu.

































Kriittisyysluokka	NE107	Kuvaus	Toimenpiteet
3	Failure	Tilamuutoksen ilmetessä laite ei enää toimi oikein ja vaikuttaa koko prosessin tai osaprosessin toimintaan. Aiheuttaa tuotantotappioita, jos kriittisessä kohteessa.	Laitteen vaihdon suunnittelu aloitettava välittömästi.
2	Maintenance required	Tilamuutoksen ilmetessä laite toimii, mutta sen toiminnan kehitystä tulisi seurata.	Laitteen kunnon tarkistus ja manuaalinen seuranta. Laitteen vaihdon tai korjauksen suunnittelu ja aikataulutus tarkemman selvityksen perusteella.
2	Out of specification	Tilamuutoksen ilmetessä laite toimii, mutta sen mittausalue ja muut määritykset tulisi tarkistaa.	Tarkistus ja tarpeen mukaan muutos.
1	Unknown	Tilamuutoksen ilmetessä laite toimii, mutta sen toimintaa tulisi tarkastella.	Tarkistus.

6.4 NAMUR NE107 -tilan hyödyntäminen

NAMUR-koodien vaihtelutaajuuden ja luotettavuuden tutkiminen edellytti määrääkaista seurantajaksoa, jonka aikana käytiin päivittäin hakemassa raportti

järjestelmästä. Kun kaikki laitteet oli käyty läpi ja *configure changed* -tilat oli kuitattu pois, aloitettiin raporttiperustainen seuranta. Joka aamu haettiin manuaalisesti raportti FIM-järjestelmästä, joka sisälsi liitteen 2 mukaisen .csv-tiedoston. Raportit nimettiin päivänmäärän ja kellonajan mukaan. Seurantajaksoksi valittiin kaksi viikkoa pohjautuen laiteparametrien tutkimisen aikana tehtyihin havaintoihin NE107-tilojen muutostaajuudesta. Hypoteesi oli, että kahden viikon aikana tullaan näkemään, tapahtuuko muutoksia ja kuinka paljon. Seurantajakso ajoitui ajanjaksolle 14.7.-28.7.2022.

Kahden viikon seurantajakson jälkeen raportit koottiin yhteen päätiedostoon, josta voitiin nähdä laitekohtaiset NAMUR-koodien vaihtelut seurantajakson aikana. Kuvassa 57 näkyy seurantajakson aikana tallennetut raportit ja koontitiedosto, jossa dataa on käsitelty.

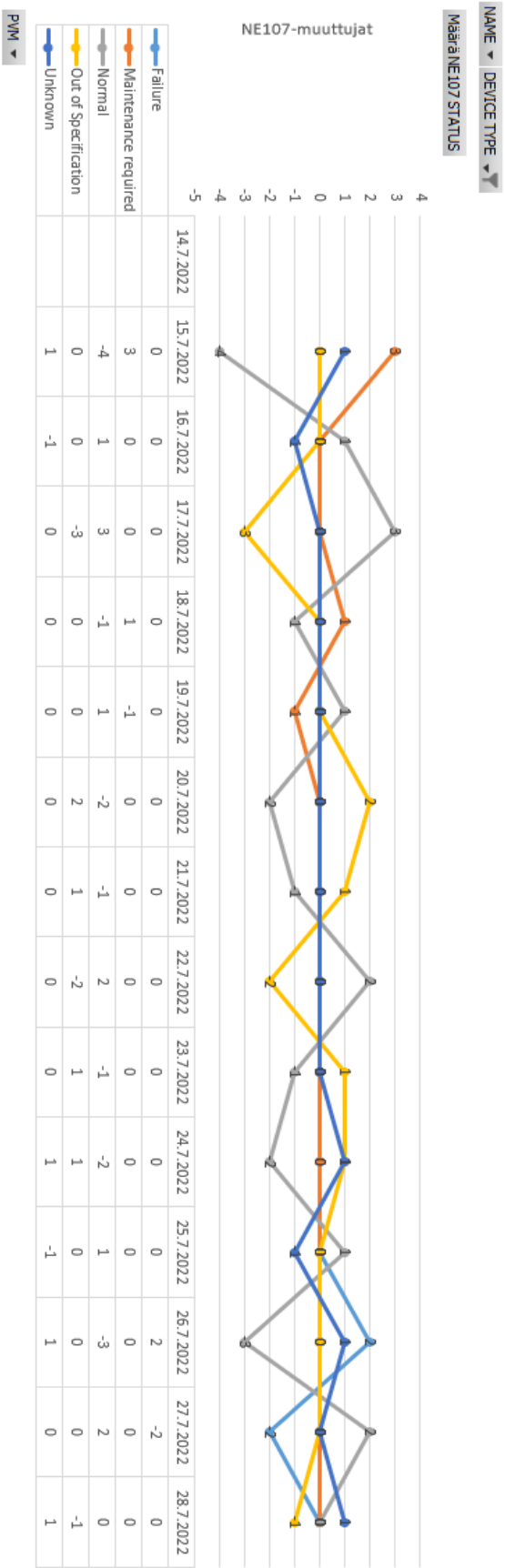
Name	Status
 5163DEV_15072022_0752.csv20220715075...	
 5163DEV_16072022_082120220716082135	
 5163DEV_17072022_120020220717115632	
 5163DEV_18072022_084020220718083937	
 5163DEV_19072022_093020220719092800	
 5163DEV_20072022_090020220720090114	
 5163DEV_21072022_090020220721090207	
 5163DEV_22072022_075520220722075428	
 5163DEV_23072022_080020220723080046	
 5163DEV_24072022_082020220724082049	
 5163DEV_25072022_083020220725082949	
 5163DEV_26072022_083820220726083813	
 5163DEV_27072022_082420220727082406	
 5163DEV_28072022_081720220728081802	
 5163DEV_Startup_14072022_13252022071...	
 Koonti	

Kuva 57. FIM:istä kerätyt raportit ja koonti.

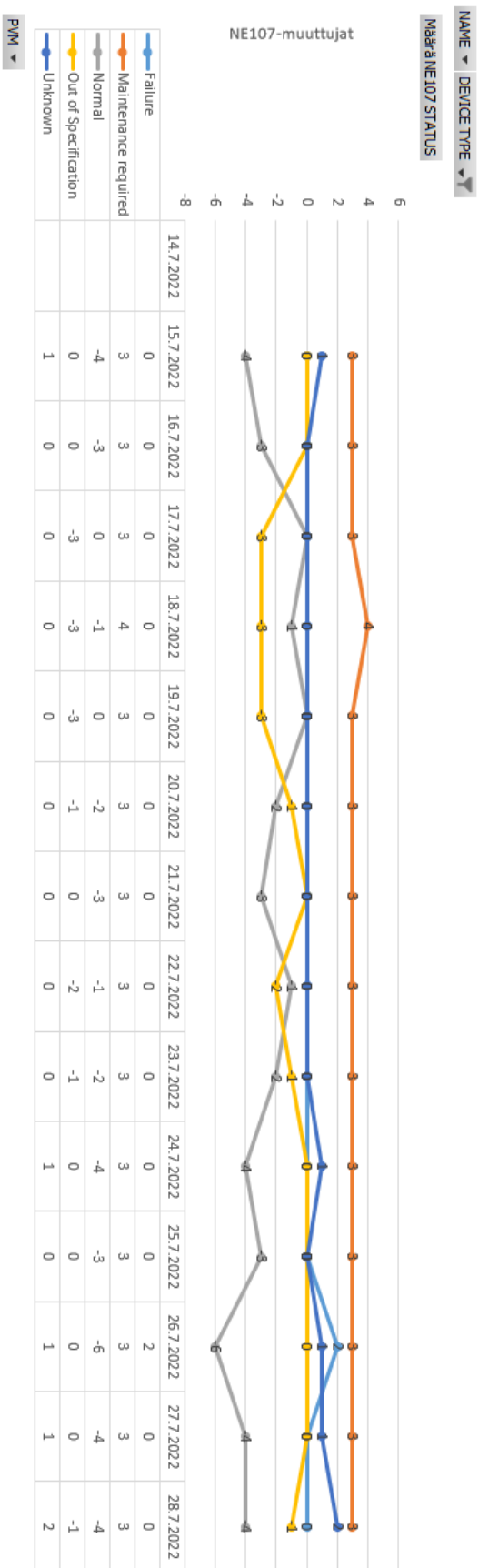
Raportit tulevat .csv-muodossa FIM:istä, mikä tarkoittaa sitä, että Excelissä avatessa kaikki laitekohtaiset tiedot näkyvät A-sarakkeen soluissa. Ensimmäinen tehtävä oli hajauttaa tiedot omiin sarakkeisiinsa ja tallentaa tiedostot Excel-työkirjoina. Kuvassa 58 näkyy alkuperäinen FIM-raportin esitysas.

NE107-tilan muutos tapahtuu yleisimmin normaalitilan ja jonkin toisen tilan välillä. Normaalitilan muutosten seuraaminen on näin perusteltua ja antaa realistisimman kuvan laitekannassa tapahtuvista muutoksista. Laitteet voivat vaihtaa tilaa myös muiden tilojen välillä, mutta se on huomattavasti harvinaisempaa. Tämä tulee kuitenkin huomioida tulosten virhemarginaalissa, joka on positiivinen. Tällainen muutos voidaan nähdä kuvassa 60, kun yksi laite vaihtaa tilasta *unknown* tilaan *out of specification* 28.7.

Kuvassa 60 on esitetty NE107-tilojen muutos edelliseen päivään verrattuna. 14.7. sarake on tyhjä, koska tiedonkeruu on aloitettu silloin, eikä vertailukohdetta näin ollen ole. Kuvaajan 60 alalaidassa olevasta taulukosta voidaan laskea normaalitilan muutosten itseisarvojen summa. Tällä tavalla voidaan nähdä, kuinka monta muutosta normaalitilassa on tapahtunut seurantajaksolla. Itseisarvojen summaksi saadaan 24. Jakamalla se seurantapäivien määrällä saadaan pyöristettynä 1,714. Lukema kertoo, että NE107-tilojen muutostaajuus oli seurantajaksolla 1,714 muutosta päivää kohden. 178 laitemäärällä tämä tarkoittaa 0,135 muutosta laitetta kohden. Kun laitemäärä skaalataan koko rikastamon mittakaavaan (noin 1100 laitetta) olettaen, että muutos on lineaarinen, saadaan päivittäisten muutosten määräksi 148,13 muutosta. Kahden viikon seurantajaksoilta voidaan vielä erotella negatiivisten ja positiivisten muutosten summat, joista negatiivisten muutosten summa indikoi tarkasteltavien kohteiden muutosmäärää. Negatiivisten muutosten summan itseisarvoksi saadaan 14, jolloin positiivisten summa on 10. Näin ollen seurantajaksolla 58% tapahtuvista normaalitilan muutoksista oli tilojen vaihtumista pois normaalista. Kun tämä suhteutetaan koko rikastamon mittakaavaan, 148,13 päivittäisestä muutoksesta 74 eli noin puolet, ovat muuttuneet normaalitilasta pois. Tällaisten muutosten tulisi aiheuttaa toimenpiteitä.



Kuva 60. NE107-muuttujan vaihteluväli verrattuna edelliseen päivään



Kuva 59. NE107-muuttujan vaihteluväli verrattuna seurantajakson alkuun

6.5 Diagnostiikan jatkokehitys – AVEVA PI-järjestelmä

Seurattavien muuttujien määrittely yksinään ja FIM:in hyödyntäminen eivät kata dataperusteiseen kunnonvalvontaan siirtymistä. Muuttujadataa tulee jatkojalostaa ja muokata siihen soveltuvaksi. AVEVA PI -järjestelmän avulla voidaan muokata dataa ja luoda erilaisia toimintoja, joiden avulla data muuttuu paremmin hyödynnettäväksi.

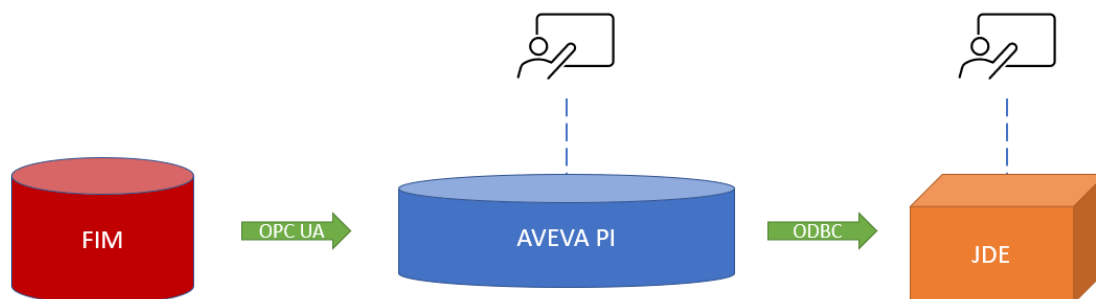
Seurattavien mittapisteiden määrittelyn jälkeen luodaan jatkuvatoiminen tiedonsiirto FIM ja PI-järjestelmien välille hyödyntäen OPC UA -tiedonsiirtoprotokollaa. PI-järjestelmään luodaan omat kunnonvalvontapohjat jokaiselle laitetyypille, joka sisältää aiemmin määritetyt muuttujat. Tämä mahdollistaa sen, että uutta laitetta lisättäessä kunnonvalvonnan piiriin ei tarvitse tehdä määrittelyjä uudestaan, vaan ne on jo valmiiksi integroitu pohjaan.

Kunnonvalvontapohjien määrittelyn jälkeen luodaan hälytykset, joiden lähtökohtaisina raja-arvoina hyödynnetään tutkimuksessa esille nousseita arvoja. Hälytysten luonteen mukaan ne voidaan määritellä sähköposti-, PI- tai toiminnanohjausjärjestelmähälytyksiksi. Hälytystyyppit voivat olla päällekkäisiä, eli sama hälytys annetaan esimerkiksi sähköposti- ja PI-hälytyksenä. Tällä tavalla oleellisen tiedon tavoitavuus paranee.

Sähköpostihälytykset lähetetään tietyille henkilöille tai AD-ryhmien jäsenille, jotta he voivat reagoida niihin tarvittaessa. PI-hälytykset generoituvat ainoastaan PI-järjestelmään tapahtumina. Tapahtumien seuranta edellyttää erikseen järjestelmään luotavaa tapahtumanäyttöä. Toiminnanohjausjärjestelmään linkittävät hälytykset ja tapahtumat generoivat toiminnanohjausjärjestelmään (JDE) työmääräimen laitteen tarkistukselle tai vaihdolle. Automaattinen generointi tehostaa kunnossapitotoimia ja pienentää inhimillisten virheiden

todennäköisyyttä raportoinnissa. Inhimillisenä virheenä voidaan pitää esimerkiksi unohdusta kirjata kriittinen kunnostustoimi toiminnanohjausjärjestelmään.

Kuvassa 63 on esitetty AEF:n tuleva malli FIM:in kunnonvalvontadatan hyödyntämisestä.



Kuva 61. Kunnanvalvonnan järjestelmäliitännät.

6.6 Laitetyyppien kunnonvalvontamuuttujat

Tutkimustyön tuloksena laitetyppeittäin luettavat muuttujat ja raja-arvot löytyvät liitteen 3 taulukosta, jota tullaan jatkossa hyödyntämään datapohjaiseen kunnossapitoon siirryttäessä. Taulukon sisältämille muuttujille luodaan tiedonsiirto FIM ja AVEVA PI -järjestelmien välille hyödyntäen OPC UA -rajapintaa. Osa laitteiden muuttujataulukoista on identtisiä johtuen laiteparametrien ja HART-tason samankaltaisuudesta. Tällaisten laitteiden kohdalla voidaan hyödyntää samoja kunnonvalvontapohjia PI-järjestelmässä.

Laitetyyppien muuttujien valinta perustuu suurilta osin tutkimuksen tekijän omaan kokemukseen, havaintoihin ja kirjallisen aineiston tutkimiseen sekä työn toimeksiantajan eri asiantuntijoiden kommentteihin. Mukana on myös laitevalmistajien edustajien määrityksiä, jotka on lisätty muuttujataulukoihin sellaisinaan. Tarkemmat tiedot laitevalmistajien kommentteista löytyvät kappaleesta 5.2.

Taulukot toimivat pohjana myös erikseen tulevaisuudessa määriteltäville kriittisyysluokille. Muuttujataulukoita hyödynnetään myös, kun kunnonvalvonnan piirissä olevien laitteiden määrä laajennetaan kattamaan koko rikastamon. Tutkimuksessa ei syvennytty laitetyyppien omiin hälytyksiin rajallisen ajan vuoksi. Kaikki muuttujat on listattu liitteen 3 taulukossa. Liitteeseen 4 on kirjattu lisätiedot ja kommentit laitemuuttujien hyödyntämiseen.

7 Pohdinta ja johtopäätökset

Digitalisaation, kehittyneempien työkalujen ja kenttälaitteiden tuotekehityksen myötä kunnonvalvonta on laajentumassa yhä useampiin laitteisiin, eikä pelkästään suuriin ja kalliisiin mekaanisiin kohteisiin. Kenttälaitteiden sisäinen diagnostiikka ja hälytykset ovat olleet saatavilla jo pitkään, mutta ne ovat jääneet monessa tuotantolaitoksessa kenttälaitteiden näytöille. Syitä siihen on monia kuten ohjelmistojen kehittymättömyys, eri tiedonsiirtotapojen yhteensovittamisen haasteellisuus ja järjestelmävalmistajien sulkeutuneisuus. Eri HART- ja väylätyökaluja on löytynyt markkinoilta jo yli vuosikymmenen ajan, mutta monet niistä eivät pysty hyödyntämään automaatiojärjestelmää tiedonsiirron välityksessä. Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen antaa suoran pääsyn kaikkiin siihen liitettyihin laitteisiin. Tulee kuitenkin huomioida, että järjestelmän kaikkien tiedonsiirtoketjun osien tulee tukea käytettäviä protokollia.

Laitteiden diagnostiikkaominaisuudet ovat huomattavasti laajentuneet ja viime vuosina laitevalmistajat ovat panostaneet entisestään kunnonvalvontaan. Lisädiagnostiikkaa ei kuitenkaan voida hyödyntää vanhempien laitteiden kohdalla, koska jo laitteiden tilausvaiheessa on määriteltävä tarve lisädiagnostiikamoduulille. Laitteen hinnan noustessa moni jättää nämä lisävalinnat tekemättä, jos kunnonvalvontatyökaluja tai kokonaisuutta ei ole mietitty etukäteen. Lisämoduulin hinnan lisäksi joillakin laitevalmistajilla on vielä erilliset lisenssit lisäominaisuuksien aktivointiin. Tämä lisää yhden suoritteen jo muutenkin moniosaiseen laitteenvaihtoprosessiin. AEF:n tulevaisuuden laitehankinnoissa kyseiset lisämoduulit tulisi huomioida.

Tutkimukseen valittu laitemäärä osoittautui hyvinkin kattavaksi, ehkä liiankin, kun otetaan tutkimusaikataulu huomioon. FIM:in käyttöönotto, laitteiden nimeäminen ja hälytysten kuittaus olivat erittäin aikaa vieviä toimenpiteitä. Eri toimenpiteitä pystyttiin kuitenkin tekemään samanaikaisesti, mikä tehosti työtä. Erityisesti laiteparametrien lataamisen hitaus korostui tuntien käytön osalta. Laiteparametrien löytyminen järjestelmästä on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää, kun mietitään laitteenvaihtoprosessin kestoja. Valmiiksi järjestelmästä löytyvillä parametreilla säästetään kentällä parametrintiin käytettävä aika, joka voi pahimmillaan kestää tunninkin. Hälytysten ja muutosten kuittamisen monimutkaisuus yllätti myös: kaikki HART-tiedostot eivät sisältäneetkään kuittauksien suorittamiseen, vaan jouduttiin keksimään muita ratkaisuja kuittauksien suorittamiseen.

Varsinaisten laitemuuttajien tai parametrien tutkimiseen kului myös huomattavasti aikaa, kun laitevalmistajilta ja toimittajilta saadut tiedot jäivät vähäisiksi. Suurin osa työssä esitetyistä kerättäviksi määritetyistä datapisteistä perustuvatkin työn tekijän omaan näkemykseen ja laitevalmistajien kirjalliseen aineistoon. Muuttajat ovat kuitenkin universaaleja, eivätkä ne ole sidoksissa pelkästään tutkimustyön aiheena olevaan prosessiin tai teollisuuden alaan. Tulevaisuudessa laitevalmistajat ja toimittajat tulevat varmasti korostamaan laitteiden kunnonvalvontaominaisuuksia ja niiden hyödynnettävyyttä, kun kokemukset ja tietämys niiden käytöstä lisääntyvät.

NE107-tiloja on hyödynnetty jo pitkään laitteiden tilojen seurannassa, mutta tutkimuksessa nousi hyvin esille niiden ongelmallisuus. Kun jos tilat ovat sidoksissa laitevalmistajien määrityksiin, jokainen tila joudutaan analysoimaan erikseen. Tieto tilamuutoksesta luo kuitenkin jo lisäarvoa esimerkiksi mittaustiedon validointiin, kun aikaisemmin nämä muutokset ovat jääneet huomiotta. Perinteisten milliampeerisignaalilaitteiden tilamuutokset eivät ole välittyneet millään tavalla kunnossapidon tai operaattorien tietoisuuteen, jos niitä ei ole erikseen kentällä käyty tarkastamassa. Tilamuutosten seurantaan valittu kahden viikon seurantajakso osoittautui juuri sopivaksi. Otannassa tilamuutoksia saatiin tarpeeksi paljon, jotta niiden perusteella voitiin arvioida koko laitekannan mahdollista

päivittäistä tilamuutosmäärää. Tilamuutosten määrän ollessa korkea on perusteltua, että seurantaan olisi hyvä panostaa. Tilamuutosseurannasta saadulla tiedolla voidaan myös ennaltaehkäistä ennenaikaisia laiterikkoja, prosessihäiriöitä ja suunnittelemattomia prosessikatkoja. Kappaleessa 6.4 esitetyissä tilamuutoksien lukemissa on virhemarginaali, mutta virhemarginaali on tässä tapauksessa positiivinen, koska tilamuutoksissa tarkasteltiin ainoastaan normaalitilasta tapahtuvia muutoksia. Muutosmäärissä ei huomioitu muiden tilojen välillä tapahtuvia muutoksia, jotka lisäävät muutosmääriä. Tutkimuksessa näitä oli kaksi kappaletta, joka vastaa 1,4% osuutta kaikista muutoksista. Kyseistä lukua voidaan pitää virhemarginaalina muutosmäärien arvioinnissa.

FIM on saman valmistajan tuote, kuin sen hyödyntämä automaatiojärjestelmä. Näen, että tulevaisuudessa FIM:in integrointi suoraan ABB 800xA käyttöliittymään tehostaisi ja helpottaisi sen käyttöä entisestään. Nykyinen FIM:in käyttöliittymä on toimiva, mutta visualisointiominaisuuksiltaan siinä on vielä paljon kehitettävää. ABB on kuitenkin aktiivisesti päivittänyt ja kehittänyt tuotetta. FIM:iä voidaankin kutsua uuden ajan tuotteeksi, kun verrataan sen toiminnallisuuksia kilpaileviin tuotteisiin ja niiden järjestelmäintegrointeihin. FIM:istä löytyy myös valmis liityntärajapinta (OPC UA) kolmannen osapuolen järjestelmiin, joita kilpailevista tuotteista ei ole saatavilla. Edellä mainittujen vuoksi FIM:in nykyinen potentiaali on suuri, kunhan se saadaan otettua oikeaoppisesti tehokkaaseen käyttöön.

Tutkimustyö on lisännyt tietoutta eri tiedonsiirtoprotokollien käytöstä ja teoriasta. Tutkimuksen kannalta oleellisimpia protokollia ovat olleet OPC ja HART. Nämä protokollat tulevat olemaan teollisen automaation käytössä vielä pitkään. OPC UA:n merkitys tulee lähivuosina korostumaan entisestään, kun se tulevaisuudessa korvaa vanhemman OPC DA -protokollan. Teknisen tiedon kartuttamisen lisäksi tutkimus on avannut uusia näkökulmia ja lisännyt tietoa kunnonvalvonnan kehityksestä ja hyödyntämisestä eri osa-alueilla. Näen, että tutkimustyöstä on ollut ja tulee olemaan hyötyä myös toimeksiantajalle, kun järjestelmä otetaan kokonaisuudessaan tutkimuksessa määritetyllä tavalla käyttöön. Tutkimustyön

osana oli myös FIM-työkalun liittäminen PI-järjestelmään, mutta sen toteutus jäi aikataulusyistä tekemättä. Tutkimustyössä kuitenkin saatiin luotua suunnitelma liitännän tekemiseksi tulevaisuudessa.

8 Lähdeluettelo

- ABB Group. *FIM Connectivity Solutions*. 2022. <https://new.abb.com/control-systems/fieldbus-solutions/fim/connectivities/system800xa> (haettu 2. 8 2022).
- . *Hajautettu 800xA ohjausjärjestelmä*. 2022. <https://new.abb.com/control-systems/fi/system-800xa/hajautettu-800xa-ohjausjarjestelma/system/arkkitehtuuri> (haettu 2. 8 2022).
- AEF. *Tehdasstandardi*. 2009.
- Agnico Eagle Mines Limited. *Key Facts about Agnico*. 2022. <https://www.agnicoeagle.com/English/about-agnico/key-facts/default.aspx> (haettu 1. 7 2022).
- Ahonen, T, ym. *Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön*. VTT, 2012.
- Code Project. *OPC Technology*. 2005. <https://www.codeproject.com/Articles/12441/OPC-Technology> (haettu 27. 7 2022).
- Corning Data. *What is JD Edwards*. 2021. <https://corningdata.com/what-is-jd-edwards/> (haettu 8. 8 2022).
- Emerson. "8712EM Transmitter with HART Protocol Reference Manual." 2017. <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-8700m-sensor-8712em-hart-en-3673036.pdf> (haettu 10. 7 2022).
- . "High Process Noise Field Guide." 2012. <https://www.emerson.com/documents/automation/white-paper-high-process-noise-field-guide-rosemount-en-89368.pdf> (haettu 10. 8 2022).
- Endress&Hauser. *NAMUR NE107 Standard*. 2022. <https://netilion.endress.com/blog/namur-ne-107/> (haettu 27. 7 2022).
- . "Operating Instructions Proline Promag 50." 2022. https://portal.endress.com/wa001/dla/5000000/0373/000/09/BA00046DE_N_1514.pdf (haettu 10. 10 2022).
- Endress&Hauser. *Sähköpostihaastattelu* (2022).

- FieldComm Group. *HART Technology Explained*. 2022.
<https://www.fieldcommgroup.org/technologies/hart/hart-technology-explained> (haettu 2. 7 2022).
- Franssila, Heljä, Susanna Kunttu, ja Harri Saarinen. *Käyttövarmuustiedon hallinta ja hyödyntäminen suunnittelussa*. Kuopio: VTT, 2012.
- Instrumentation Tools. *NAMUR NE107 Standard*. 2022.
<https://instrumentationtools.com/namur-ne107-standard/> (haettu 27. 7 2022).
- John Wiley & Sons, Incorporated. *Production Availability and Reliability : Use in the Oil and Gas Industry*. John Wiley & Sons, Incorporated, 2018.
- Kaivosvastuu. 2020 *Agnico Eagle Finland Oy*. 2020.
<https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/2020-agnico-eagle-finland-oy/>
 (haettu 1. 7 2022).
- Namur. *Current NAMUR Recommendations (NE) and Worksheets (NA)*. 2022.
https://www.namur.net/en/recommendations-and-worksheets/current-nena.html?no_cache=1&tx_nena_pi1%5Bda%5D=468&cHash=87804d8dbf7b38b05e2880ca3ae385d2 (haettu 27. 7 2022).
- OPC Foundation. *What is OPC*. 2022. <https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/> (haettu 2. 8 2022).
- OsiSoft. *PI System*. 2022. <https://www.osisoft.com/pi-system> (haettu 8. 6 2022).
- Paessler. *OPC-UA*. 2022. <https://www.paessler.com/it-explained/opc-ua> (haettu 1. 8 2022).
- PINJA. 4 VINKKIÄ ENNAKOIVAN KUNNOSSAPIDON KEHITTÄMISEEN. PINJA, 2022.
- SLINTEL. *Oracle JD Edwards Market Share*. 2022.
<https://www.slintel.com/tech/erp/oracle-jd-edwards-market-share> (haettu 7. 8 2022).
- Smith, David J. *Reliability, Maintainability and Risk : Practical Methods for Engineers Including Reliability Centred Maintenance and Safety-Related Systems*. Elsevier Science & Technology, 2011.

Tietoarkisto. *Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja*. 2021.
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/> (haettu 6. 6
2022).

Valmet. *Sähköpostihaastattelu* (2022).

Liite 1: Koontitiedosto laitetiedoista

A		B	F	G	H
1	NAME	DEVICE TYPE	Cfg changed	Toimenpiteet	Kunnonvalvontaparametreja
2	DAI0664	Polytron 7000 (0x00EB)	G	Config changed flag saatu resetoitua vaihtamalla laitetiedosto geneeiseen.	Fault codes 1, last calibration year, month, day
3	DAI0665	Polytron 7000 (0x00EB)	G	Config changed flag saatu resetoitua vaihtamalla laitetiedosto geneeiseen.	Fault codes 1, last calibration year, month, day
4	DAI0666	Polytron 7000 (0x00EB)	G	Config changed flag saatu resetoitua vaihtamalla laitetiedosto geneeiseen.	Fault codes 1, last calibration year, month, day
5	DAI028	Liquiline CM44x (0x119C)	G	E+H:lla pyydettyä lisätietoja miksi NE107 status on MR, hälytyksiä ei ole ja kuittaamaan ei pääse. Vimeisin eventti kanavan holdaus.	Error Position (status byte 1), Sensor 1/2 order code, serial number
6	DAI1120	5400 (0x0043)	O	Serial 33485, model 5402. Laitokanavan kalibroinnista 61239h tuntiä alkaa.	
7	DAI1142	Liquiline CM44x (0x119C)	G	Config changed flag saatu resetoitua vaihtamalla laitetiedosto geneeiseen.	Error Position (status byte 1), Sensor 1/2 order code, serial number
8	DAI2821	Liquiline CM44x (0x119C)	G	Config changed flag saatu resetoitua vaihtamalla laitetiedosto geneeiseen.	Error Position (status byte 1), Sensor 1/2 order code, serial number
9	DE30071	MCA (0x0040)	O	Hälyystatusta löytyy MEAS STAB-viittaava error	MEAS STAB (yläraja 30), STATUS
10	DE30080	MCA (0x0040)	O	STATUS: SE COMMEERR	MEAS STAB (yläraja 30), STATUS
11	DE30092	MCA (0x0040)	O	STATUS: ALARM, Error log: ELEC DRIFT	MEAS STAB (yläraja 30), STATUS
12	DE30093	MCA (0x0040)	O	STATUS: SE COMMEERR	MEAS STAB (yläraja 30), STATUS
13	DFI0745A	(0x00EB)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila? Kyseessä CIDRA SONAR TRACK, NAMUR ainoa muuttuja	Diagnostic Status
14	DFI0745B	(0x00EB)	O	OFFLINE	
15	DFI0914	Vortex 84 (0x001E)	O	Out of Specification tilan alkuperä epäselvä. Mittausarvo lähellä skaalan ylärajaa? 3850/4000g/h	Device Warn Status, Device Err Status, Error Reason
16	DFI0820	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 4,3M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
17	DFI08200	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
18	DFI0821	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 5,1M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
19	DFI0822	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 3,1M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
20	DFI0933	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
21	DFI0953	PRCMAG50 (0x0041)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 2,7M m3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
22	DFI0871	IFC 100 (0x00D9)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
23	DFI0872	IFC 100 (0x00D9)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
24	DFI0873	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
25	DFI09100	PRCMAG50 (0x0041)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 6,4M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
26	DFI0913	PRCMAG50 (0x0041)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 2,3M m3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
27	DFI0920	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 2,7M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
28	DFI0921	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 3,2M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
29	DFI0922	PRCMAG53 (0x0042)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila?	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 3,6M dm3) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
30	DFI0933	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
31	DFI0934	T-MASS565 (0x0065)	O	Laitteella löytyy config change flag-asetus, jolla saa resetoitua tilan.	Device Diagnostics, HART Diagnostics, Totalizer SUM (3.7 ollut 9,4M kg) ennen vaihtoa katsottava arvo, jonka jälkeen voi asettaa rajat tulevalle vaihdolle? Actual.SYS.COND
32	DFI0953	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?)
33	DFI0972	IFC 100 (0x00D9)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?) Counter?
34	DFI0973	IFC 100 (0x00D9)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?) Counter?
35	DFI0974	IFC 100 (0x00D9)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, joka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?) Counter?
36	DFI1024	(0x00EB)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila? Kyseessä CIDRA SONAR TRACK, NAMUR ainoa muuttuja	Diagnostic Status
37	DFI1025	(0x00EB)	O	Resetoitu "muutunut tila", jonka jälkeen OK. Configuration viewissä kuitenkin Maintenance required-tila? Kyseessä CIDRA SONAR TRACK, NAMUR ainoa muuttuja	Diagnostic Status
38	DFI1107	IFC 300 (0x00E3)	E	Laitteella oli aktiivinen Power Fail-hälytys, 5 Col of Specification ja 5 Col Temp, jotka resetoitiin. Configuration changed flagia ei pääse jostain syystä resetoimaan. Resetoinnin voi tehdä ainoastaan AMS:lla	Error list(?) Counter?
39	DFI1113	8712E (0x0057)	O	Sensor Serial 276380, model 8712E. ID 652155 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
40	DFI1115	8712E (0x0057)	O	Serial 276751, model 8712E. ID 652384 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
41	DFI1116	8712E (0x0057)	O	Serial 277079, model 8712E. ID 652246 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
42	DFI1129	8712E (0x0057)	O	Serial 277586, model 8712E. ID 650568 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
43	DFI1132	8712E (0x0057)	O	Serial 276381, model 8712E. ID 651647 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
44	DFI1133	8712E (0x0057)	O	Serial 276382, model 8712E. ID 652263 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net
45	DFI1134	8712E (0x0057)	O	Serial 276383, model 8712E. ID 651217 Diagnostic License status: Not licensed? Resynciä ei pääse tekemään ohjelmasta	Process Noise, Line Noise? Vaatii lisenssin. Active Alerts, Totalizer Net

Liite 2: FIM tila-export

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
1	NAME,DEVICE TYPE,TYPE,DATASET,DATASET STATE,NE107 STATUS,WARNINGS,ERRORS,DESCRIPTION,PACKAGE DEVICE TYPE (ID),PACKAGE MANUFACTURER (ID),PACKAGE PROTOCOL,PACKAGE CLASSIFICATION,PACKAGE TYPE,PACKAGE REVISION,SUPPORTED DEVICE REVISIONS,TOPOLOGY ADDRESS,DEVICE IDENTITY																													
2	DAI0864,"Polytron 7000 (0x00EB)",DEVICE,ONLINE,NOT IN SYNC,Normal,"Offline dataset modified","",,,,,,"Polytron 7000 (0x00EB)","Draeger","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/711/2/","52EB000569"																													
3	DAI0865,"Polytron 7000 (0x00EB)",DEVICE,ONLINE,NOT IN SYNC,Normal,"Offline dataset modified","",,,,,,"Polytron 7000 (0x00EB)","Draeger","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/712/6/","52EB025EC"																													
4	DAI0866,"Polytron 7000 (0x00EB)",DEVICE,ONLINE,NOT IN SYNC,Normal,"Offline dataset modified","",,,,,,"Polytron 7000 (0x00EB)","Draeger","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./2 R217_A8/Modulebus/8/2/","52EB025EAA"																													
5	DAI1028,"Liquiline CM44x (0x119C)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"Liquiline CM44x (0x119C)","Endress+Hauser","HART 7","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/406/1/","119CF4A01A"																													
6	DAI1142,"Liquiline CM44x (0x119C)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"Liquiline CM44x (0x119C)","Endress+Hauser","HART 7","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/602/4/","119CS92846"																													
7	DAI2821,"Liquiline CM44x (0x119C)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"Liquiline CM44x (0x119C)","Endress+Hauser","HART 7","Analytic","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/2/7/","119C076047"																													
8	DE90071,"MCA (0x0040)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Out of Specification,,,,,,,"MCA (0x0040)","Metso Flow Control Inc","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.2.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC9/Modulebus/104/3/","2F4018B89F"																													
9	DE90080,"MCA (0x0040)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Failure,,,,,,,"MCA (0x0040)","Metso Flow Control Inc","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.2.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC9/Modulebus/201/2/","2F4018B899"																													
10	DE90092,"MCA (0x0040)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Failure,,,,,,,"MCA (0x0040)","Metso Flow Control Inc","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.2.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC9/Modulebus/202/1/","2F4018ACD8"																													
11	DE90093,"MCA (0x0040)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Failure,,,,,,,"MCA (0x0040)","Metso Flow Control Inc","HART 5","Analytic","Specific EDD","1.2.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC9/Modulebus/202/3/","2F4018B89E"																													
12	DFI0745A,"(0x00EB)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"GENERIC (0x0082)","ABB","HART 5","Universal","Generic Device Package","01.00.00","All Supported","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/709/5/","76EB0007BA"																													
13	DFI0745B,"(0x00EB)",DEVICE,OFFLINE,NOT IN SYNC,Unknown,"No offline dataset exists","",,,,,,"GENERIC (0x0082)","ABB","HART 5","Universal","Generic Device Package","01.00.00","All Supported","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/709/6/0","76EB0007B5"																													
14	DFI0814,"Vortex 84 (0x001E)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Out of Specification,,,,,,,"Vortex 84 (0x001E)","SchneiderElectric/Foxboro","HART 5","Flow","Specific EDD","1.3.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/710/3/","141EACE42C"																													
15	DFI0820,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/710/7/","1142FA13D6"																													
16	DFI0820,"IFC 300 (0x00E3)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 300 (0x00E3)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","2.1.0","2.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./2 R217_A8/Modulebus/8/8/","45E3425BA3"																													
17	DFI0821,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/711/5/","1142FA13D5"																													
18	DFI0822,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./2 R217_A8/Modulebus/7/2/","1142FA1448"																													
19	DFI0833,"IFC 300 (0x00E3)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 300 (0x00E3)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","2.1.0","2.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/711/6/","45E3425B81"																													
20	DFI0853,"PROMAG50 (0x0041)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG50 (0x0041)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","9.1.0","9.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./2 R217_A8/Modulebus/7/3/","1141330783"																													
21	DFI0871,"IFC 100 (0x00D9)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 100 (0x00D9)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","3.1.0","3.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/711/4/","45D99C1832"																													
22	DFI0872,"IFC 100 (0x00D9)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 100 (0x00D9)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","2.1.0","2.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/711/3/","45D99C9775"																													
23	DFI0873,"IFC 300 (0x00E3)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 300 (0x00E3)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","2.1.0","2.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./2 R217_A8/Modulebus/8/4/","45E34A7388"																													
24	DFI09100,"PROMAG50 (0x0041)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG50 (0x0041)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","9.1.0","9.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/Modulebus/401/5/","1141330784"																													
25	DFI0913,"PROMAG50 (0x0041)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG50 (0x0041)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","9.1.0","9.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/1/2/","1141330785"																													
26	DFI0920,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/1/7/","1142FA13D4"																													
27	DFI0921,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/6/2/","1142FA1447"																													
28	DFI0922,"PROMAG53 (0x0042)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"PROMAG53 (0x0042)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","8.1.0","8.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/7/6/","1142FA1449"																													
29	DFI0933,"IFC 300 (0x00E3)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Maintenance required,,,,,,,"IFC 300 (0x00E3)","KROHNE","HART 5","Flow","Specific EDD","2.1.0","2.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/6/3/","45E39D8626"																													
30	DFI0934,"T-MASS565 (0x0065)",DEVICE,ONLINE,IN SYNC,Normal,,,,,,,"T-MASS565 (0x0065)","Endress+Hauser","HART 5","Flow","Specific EDD","1.1.0","1.*.*","ABB FIM Bridge 800xA/System/Kittila_Mine.AC3/CexBus/1./3 R212_A3/Modulebus/6/4/","1165342427"																													

Liite 3: Kerättävät laitemuuttujat

Laitetyyppi	Muuttuja	Kuvaus	W-raja	H-raja	Kriittisyysluokka
Rosemount 248 Temperature (0x003B)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
Endress&Hauser TMT182 (0x00C8)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
ABB 261 (0x008C)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
ABB GENERIC (0x0082)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
WIKA T32 (0x00EF)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
ABB TTX200 (0x000D)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
ABB TTX300 (0x000B)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
Rosemount 2051 (0x0055)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Active Alerts	Aktiiviset hälytykset	-	-	Määritellään erikseen

Samson 373X-3 (0x00EF)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Diagnosis	Diagnostiikkasana	-	-	Määritellään erikseen
	Status Messages	Tilaviesti	-	-	Määritellään erikseen
	Error Codes byte 0	Hart-diagnostiikan vikatavu 0	-	-	2
	Error Codes byte 3	Hart-diagnostiikan vikatavu 3	-	-	2
ABB 50XE4000 (0x0008)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Error register 1	Vikarekisteri 1	-	-	2
	Error register 2	Vikarekisteri 2	-	-	2
	Error register 3	Vikarekisteri 3	-	-	2
Rosemount 5400 (0x0043)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Signal Strength	Mittaussignaalin voimakkuus	Määritellään erikseen	Määritellään erikseen	Määritellään erikseen

	Signal Quality (DA1)	Mittaussignaalin laatu	-	-	-
Rosemount 8712E (0x0057)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Process Noise (DA1+L)	Prosessikohina	-	-	2
	Line Noise (DA1+L)	Linjakohina	-	-	2
	Active Alerts	Aktiiviset hälytykset	-	-	
	Totalizer Net	Totalisaattori (läpivirtaus)	Määritellään erikseen	Määritellään erikseen	3
Endress&Hauser Cerabar M 5x (0x0019)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
Endress&Hauser CerabarS (0x0018)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu

	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
Endress&Hauser Deltabar M 5x (0x0021)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
Endress&Hauser iTEMP TMT82 (0x00CC)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2

Endress&Hauser Micropilot 5x (0x0028)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatahut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
Fisher Controls (Rosemount) DVC2000 (0x0005)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Cycle Count	Liikesyklien määrä	20M	22M	3
	TVL Accum.	Kumulatiivinen liikemäärä	Määritel- lään erikseen	Määri- tellään erikseen	3
	Travel	Venttiilin asento	-	-	-
	Travel SP	Asennoittimen sisäisen asetusarvo venttiilille	-	-	-
Fisher Controls (Rosemount) DVC6200 (0x0009)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Cycle Count	Liikesyklien määrä	20M	22M	3

	TVL Accum.	Kumulatiivinen liikemäärä	Määritel- lään erikseen	Määri- tellään erikseen	3
	Travel	Venttiilin asento	-	-	-
	Travel SP	Asennoittimen sisäisen asetusarvo venttiilille	-	-	-
Yokogawa EJA (0x0004)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Status Group 1	Tilatietryhmä 1	-	-	2
	Status Group 2	Tilatietryhmä 2	-	-	2
Endress&Hauser FMI5x (0x001D)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
Krohne OPTIFLEX x200 (0x00D7)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
Endress&Hauser TMT122 (0x00C9)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
Krohne IFC 100 (0x00D9)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Error List	Häiriöluettelo	-	-	2

	Counter 1	Laskuri 1 (kumulatiivinen läpivirtaus)	Määritellään erikseen	Määritellään erikseen	2
Krohne IFC 300 (0x00E3)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Error List	Häiriöluettelo	-	-	2
	Counter 1	Laskuri 1 (kumulatiivinen läpivirtaus)	Määritellään erikseen	Määritellään erikseen	2
Berthold LB490 (0x007F)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	HV Reading	Korkeajännitearvo	-	-	3
	CPS	Säteilyn voimakkuus	-	-	2
	Error log	Häiriömuistio	-	-	2
Endress&Hauser Liquiline CM44x (0x119C)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyysluokittelu
	Status Byte 1	Tilatavu 1	-	-	2
	Sensor 1 Order Code	Anturi 1 tilausnumero	-	-	-

	Sensor 2 Order Code	Anturi 2 tilausnumero	-	-	-
	Sensor 1 Serial num.	Anturi 1 sarjanumero	-	-	-
	Sensor 2 Serial num.	Anturi 2 sarjanumero	-	-	-
Flowserve Logix520MD (0x0006)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys-luokittelu
	Position	Asento	-	-	-
	Deviation	Säätöpoikkeama	1,50 %	2 %	2
	Current alarms	Aktiiviset hälytykset	-	-	-
	Cycle Count	Liikesyklien määrä	20M	22M	3
	Valve Travel Count	Kumulatiivinen liikemäärä	-	-	2
Metso Flow Control Inc (Valmet) MCA (0x0040)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys-luokittelu
	MEAS STAB	Mittauksen tasaisuus	-	-	-

	STATUS	Laitteen tila	-	-	-
Metso Flow Control Inc (Valmet) ND9100H (0x00E5)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Stiction	Kitka	0,45*Syöt- töpaine	0,5*Syöt- töpaine	4
	Load For Opening	Avautumiskuorma	0,45*Syöt- töpaine	0,5*Syöt- töpaine	4
	Supply Pressure	Syöttöpaine	4,5bar	4bar	4
	Steady State Devia- tion	Staatinen säätöpoikkeama	1,50 %	2 %	3
	Dynamic State Devi- ation	Dynaaminen säätöpoikkeama	1,50 %	2 %	3
	Spool Valve Rever- sals	Luistiventtiilin suunnanvaihdot	20M	22M	3
Draeger Polytron 7000 (0x00EB)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Fault Codes 1	Vikakoodit	-	-	-
	Last calibration date	Viimeisin kalibrointipäivä- nmäärä	-	-	-

Endress&Hauser PROMAG50 (0x0041)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilataavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
	Totalizer SUM	Kumulatiivinen läpivirtaus	-	-	2
Endress&Hauser PROMAG55 (0x0044)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilataavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
	Totalizer SUM	Kumulatiivinen läpivirtaus	-	-	2
Endress&Hauser PROMAG53 (0x0042)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu

	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
	Totalizer SUM	Kumulatiivinen läpivirtaus	-	-	2
Endress&Hauser T-MASS65 (0x0065)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Hart Diagnostics	Hart diagnostiikkasana	-	-	2
	Status Bytes	Tilatavut	-	-	2
	Actual Diagnosis	Aktiivinen diagnostiikka	-	-	2
	Totalizer SUM	Kumulatiivinen läpivirtaus	-	-	2
SchneiderElectric/Foxboro Vortex 84 (0x001E)	NE107	NAMUR NE107 arvo	-	-	NE107 kriittisyys- luokittelu
	Device Warn Status	Varoitustilatieto	-	-	2

	Device Err Status	Vikatilatieto	-	-	2
	Err Reason	Vian syy	-	-	-

Liite 4: Laitemuuttujien lisätiedot

Laitetyyppi	Lisätiedot
Rosemount 248 Temperature (0x003B)	Laitteelta luetaan pelkkä NE107-muuttujan arvo.
Endress&Hauser TMT182 (0x00C8)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
ABB 261 (0x008C)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
ABB GENERIC (0x0082)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
WIKA T32 (0x00EF)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
ABB TTX200 (0x000D)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
ABB TTX300 (0x000B)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Rosemount 2051 (0x0055)	Laitteelta luetaan NE107 tilatieto ja aktiiviset hälytykset. NE107 kriittisyysluokittelu perustuu kappaleessa 6.3 esitettyyn NE107 kriittisyysluokittelutaulukkoon. Aktiivisille hälytyksille ei voida antaa valmista kriittisyysluokittelua, vaan se tulee määritellä erikseen tulevaisuuden havaintojen perusteella. Laitteen kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Samson 373X-3 (0x00EF)	Laitteelta luettavalle tilaviestille voidaan luoda enumeraatio PI-järjestelmään, jonka perusteella tietyille tilaviestille voidaan myöhemmin määrittää oma kriittisyysluokka. Laitteen kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
ABB 50XE4000 (0x0008)	Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.

Rosemount 5400 (0x0043)

Laitetta tilattaessa voidaan huomioida DA1-lisämoduuli, joka mahdollistaa mittaussignaalin laatuun liittyvää tietoa, jota voidaan hyödyntää kunnonvalvonnassa. Tutkimuksen kohteena olleissa laitteissa tätä ei ollut.

Mittaussignaalin voimakkuutta voidaan hyödyntää mitattavan arvon luotettavuuden arvioinnissa. Laitteen puhdistuksen jälkeen voidaan ottaa referenssiarvo signaalin voimakkuudesta, jonka muuttuessa esimerkiksi likaantumisen seurauksena annetaan hälytys. Hälytyksen seurauksena käydään tarkista-massa laitteen kunto kentällä. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.

Rosemount 8712E (0x0057)

Prosessi- ja linjakohinamuuttujat vaativat erillisen moduulin (DA1), joka täytyy valita laitetta tilattaessa. Moduulin lisäksi laite vaatii aktivointilisenssin. Prosessikohina ilmaisee, jos väliaine vaikuttaa magneettisen virtausmittarin signaalin luotettavuuteen. Esimerkkinä kaivosteollisuudessa, jos väliaineena on kiintoainetta sisältävä liete. Mittausputken läpi virratessa aineen sisältämät kiintoainepartikkelit saattavat aiheuttaa häiriöitä mittaukseen osuessaan putken sisällä oleviin elektrodeihin. Häiriöt ilmenevät erilaisina piikkeinä tai kokonaistason kohoamisena. Muuttuja ilmaisee, jos laite havaitsee edellä mainittuja tapahtumia. Linjakohina ilmaisee mittaussignaalin voimakkuutta. Signaalin voimakkuuden laskiessa alle 5mV laite antaa maadoitukseen ja johdotukseen liittyvän vian. Edellä mainitut hälytykset voidaan deaktivoida laitteelta, jos niille ei ole tarvetta tai prosessiolosuhteet tekevät niistä toimimattomia.

Laitteelle parametroidaan totalisaattori lukemaan kumulatiivista läpivirtausta. Jos mittausputken vuorausten tarkistuksen yhteydessä havaitaan, että mittausputki tulee vaihtaa, niin lukema kirjataan ylös. Samaa lukemaa hyödynnetään myöhemmin arvioidessa mittausputken seuraavan vaihdon ajankohdtaa. Ennen aikaisemmin vaihdon yhteydessä havaitun kumulatiivisen mittausarvon lukemaa putki tarkastetaan ja varmistetaan, että korreloiko läpivirtaus suoraan vuorausten kulumisen kanssa. Läpivirtausarvoon perustuva kuluminen vaihtelee kohteen mukaan riippuen väliaineen koostumuksesta. Myös mittausputken vuorauksen tyyppi vaikuttaa kulumiseen. Läpivirtausarvoja tulisi siis käsitellä kohdekohtaisesti, eikä laitetyyppikohtaisesti. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.

Endress&Hauser Cerabar M 5x (0x0019)	Hart-diagnostiikka, laitteen tilatavut ja aktiivinen diagnostiikka antavat kattavan kuvan laitteen tiloista. Lähtökohtaisesti kaikki tiedot ovat binäärisiä, joiden arvo 1 tarkoittaa OK-tilaa. Tilan muuttuessa 0 tulee syy tutkia tarkemmin ja tarkentaa muuttuneelle bitille oma kriittisyysluokka. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Endress&Hauser CerabarS (0x0018)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Endress&Hauser Deltabar M 5x (0x0021)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Endress&Hauser iTEMP TMT82 (0x00CC)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Endress&Hauser Micropilot 5x (0x0028)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Fisher Controls (Rosemount) DVC2000 (0x0005)	<p>Laitteelta luettava liikesyklien määrä kertoo venttiilin asentomuutoksista. Asentomuutokseksi lasketaan, kun venttiili liikkuu kuolleenalueen ylittävän määrän. Kumulatiivinen liikemäärä ilmaisee venttiilin kokonaisliikemäärän, johon lasketaan mukaan kaikki prosentuaaliset muutokset venttiilin asennossa. Venttiilin asentoa ja asetusarvoa voidaan käyttää yhdessä, kun arvioidaan muutosta venttiilin nopeudessa tai mahdollisissa jumiutumistilanteissa.</p> <p>Liikesyklien määrä tulisi ottaa ylös, kun epäillään vikaa asennoittimessa. Tällä tapaa voidaan tulevaisuudessa arvioida venttiiliasennoittimen sisäisten pneumatiikkaosien kestoa. Kokonaisliikemäärää voidaan hyödyntää itse venttiilin kunnon arvioinnissa. Kun venttiilin havaitaan olevan vaihtokunnossa, niin kokonaisliikemäärä tulisi kirjata ylös. Venttiilin kulumiseen vaikuttaa oleellisesti myös läpivirtaus.</p> <p>Asennoittimien vaihdon yhteydessä tulee aina nollata laskurit, jotta data säilyy luotettavana. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.</p>
Fisher Controls (Rosemount) DVC6200 (0x0009)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Yokogawa EJA (0x0004)	Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.

Endress&Hauser FMI5x (0x001D)	Laitteen tietoja ei päästy lukemaan.
Krohne OPTIFLEX x200 (0x00D7)	Laitteen tietoja ei päästy lukemaan.
Endress&Hauser TMT122 (0x00C9)	Laitteen tietoja ei päästy lukemaan.
Krohne IFC 100 (0x00D9)	Häiriöluettelon lisäksi luetaan laskuri 1, joka parametroidaan laskemaan kumulatiivista läpivirtausta. Läpivirtausarvoa hyödynnetään samalla tavalla, kuin aiemmin mainitun Rosemount 8712E (0x0057) totalisaattorimuuttujan kohdalla. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Krohne IFC 300 (0x00E3)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Berthold LB490 (0x007F)	Korkeajännitearvoa voidaan hyödyntää tarkastellessa laitteen muuntajan tehoa. Jännitteen pitkäaikainen lasku voi viitata kehittyvään vikaan. CPS-arvoa, eli säteilyn voimakkuutta ilmaisevaa arvoa voidaan hyödyntää esimerkiksi autokaalavin seinämien kerrostuman paksuuden arvioinnissa. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Endress&Hauser Liquiline CM44x (0x119C)	E&H Liquiline on analyysimittauslähetin, johon voidaan liittää eri suureita mittaavia antureita. Antureiden kuntoa ei juuri valvota, mutta ne kalibroidaan määrääjain. Kalibrointikerran jääminen väliin voi vääristää mittaustuloksia. Tilausnumeron lukemisella saadaan tieto anturityypistä, joka kyseiseen kanaan on kytketty ja sarjanumero yksilöi anturit. Anturivaihdon yhteydessä sarjanumero vaihtuu, vaikka tilausnumero säilyisikin samana. Sarjanumeron vaihdoksesta voidaan luoda tapahtuma, joka kertoo esimerkiksi pH-anturin vaihdon tapahtuneen. Samaan seurantaan voidaan luoda myös tapahtuma tai hälytys, jos pH-anturin vaihdosta ei ole tapahtunut määritetyllä ajanjaksoilla, eli toisin sanoen luettava sarjanumero ei ole vaihtunut. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Flowserve Logix520MD (0x0006)	Lisätiedot löytyvät laitteelta DVC2000. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.

Metso Flow Control Inc (Valmet) MCA (0x0040)	Mittauksessa tapahtuvat häiriöt, jotka ilmenevät nopeina muutoksina vaikuttavat stabiilisuuteen, joka viittaa prosessissa tai laitteessa ilmenneeseen häiriöön, joka tulisi tarkastaa. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Metso Flow Control Inc (Valmet) ND9100H (0x00E5)	Muuttujien ohjeavot on saatu Valmetin venttiiliasiantuntijalta. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Draeger Polytron 7000 (0x00EB)	Viimeisimmän kalibroitipäivänmäärän erosta nykyhetkeen voidaan luoda hälytys, kun se ylittää määritetyn rajan. Tällä tavalla kalibroitiajankohtien seuranta voidaan automatisoida ja varmistaa, että jokainen kaasuanalyytilaite on määräaikaaisesti kalibroitu. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Endress&Hauser PROMAG50 (0x0041)	Lisätiedot löytyvät laitteelta Cerabar M 5x. Kumulatiivista läpivirtausarvoa voidaan hyödyntää samalla tavalla, kuin Rosemount 8712E -laitteella. Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.
Endress&Hauser PROMAG55 (0x0044)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Endress&Hauser PROMAG53 (0x0042)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
Endress&Hauser T-MASS65 (0x0065)	Lisätiedot löytyvät edeltävältä laitteelta.
SchneiderElectric/Foxboro Vortex 84 (0x001E)	Laitteelta kerättävät muuttujat on esitetty liitteen 3 taulukossa.