



samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

ARTTU HELLE

Ohjelmoitavan logiikan datahistoroitsijat

Tallennetun datan hyötykäyttö käyttöönotossa
ja tuotannossa

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN TUTKINTO-
OHJELMA
2023

TIIVISTELMÄ

Helle, Arttu: Ohjelmoitavan logiikan datahistoroitsija. Tallennetun datan hyötykäyttö käyttöönnotossa ja tuotannossa

Opinnäytetyö, AMK

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Kesäkuu 2023

Sivumäärä: 91

Tämä opinnäytetyö käsittelee markkinoilla saatavilla olevia datahistoroitsijoita, joita automaatioinsinöörit voisivat käyttää hyödykseen projektien käyttöönnotossa. Työn tilaajana toimii Raumaster Paper Oy. Työn tarkoituksena on esitellä Raumaster Paper Oy:lle sopivia datahistoroitsijoita kriteerien ja toivomusten perusteella. Tässä opinnäytetyössä pyritään esittelemään laajalti markkinoilta saatavilla olevien datahistoroitsijoiden hyviä ja huonoja puolia sekä tutkimalla, miten ohjelmat vastaavat Raumaster Paper Oy:n asettamia kriteerejä. Aluksi aihetta pohjustettiin selittämällä yleisesti tehtaiden toiminnasta automatiikan näkökulmasta, tutkimalla, miten datahistoroitsijat toimivat ja millainen näiden järjestelmien käyttämä OPC UA-protokolla on. Tutkimus toteutettiin tutkimalla kehittäjien tuotteiden tietoja ja niiden käyttöä.

Avainsanat: Automaatio, plc-ohjaimet, etäseuranta, ongelmanratkaisu

Abstract

Helle, Arttu: Data historians for PLC. The utilization of stored data in deployment and production.

Bachelor's thesis

Degree Programme in in Electrical and automation engineering

June 2023

Number of pages: 91

This thesis examines available data historians that automation engineers could utilize in the implementation of projects. The thesis is commissioned by Raumaster Paper Oy. The purpose of the study is to present suitable data historians for Raumaster Paper Oy based on criteria and preferences. This thesis aims to provide a comprehensive overview of the pros and cons of data historians available in the market and explore how these programs meet the criteria set by Raumaster Paper Oy.

To begin with, the topic is introduced by explaining the general operations of factories from an automation perspective. The functioning of data historians and the OPC UA protocol used by these systems are investigated. The research is conducted by studying the information and usage of products provided by developers.

Keywords: Automation, plc-controllers, remote monitoring, problem solving

ALKUSANAT

Haluan kiittää erityisesti Raumaster Paper Oy:n Joni Lahtosta aiheen ehdotuksesta ja työn ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää Satakunnan ammattikorkeakoulun lehtoreita ja erityisesti opinnäytetyön ohjaaja Hannu Asmalaa.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	10
1.1	Yritysesittely	11
2	LÄHTÖKOHDAT	12
2.1	Tavoiteltu järjestelmä.....	12
2.2	Käyttö Raumaster Paper Oy:n projekteissa.....	12
2.3	Kriteerit ja toivomukset	14
2.3.1	Kriteerit.....	14
2.3.2	Toivomukset.....	15
2.4	Miten tutkimus vastaa kysymyksiin?	17
2.4.1	Hinta.....	17
2.4.2	Graafinen ilmaisu	18
2.4.3	Sovellettavuus.....	19
3	TEORIA	20
3.1	Tehtaan toiminta.....	20
3.2	Tehtaan tasot	21
3.3	Teollisuuden neljäs vallankumous.....	23
3.4	Big Data.....	23
3.5	Datan monitorointi, tallennus ja datahistoroitsijat	25
3.5.1	Datan tallennus tietokantaan.....	26
3.5.2	Datatyypit	27
3.5.3	Kenttäväylät ja tietoturva	28
3.5.4	Datahistoroitsijat.....	30
3.6	OPC CLASSIC	32
3.7	OPC UA.....	33
3.7.1	Informaatiomalli.....	35
3.7.2	Osoiteavaruus	36

3.7.3 Oliomalli	38
3.7.4 Profiilit	39
3.7.5 Suorituskyky	40
3.7.6 Tietoturva	43
3.8 OPC UA tuki valmistajilta.....	44
3.9 OPC UA tulevaisuus.....	46
4 TOTEUTUS	48
4.1 Proficy Historian GE	49
4.1.1 Käyttöliittymä.....	49
4.1.2 Vertailu.....	50
4.1.3 Ominaisuuksia.....	52
4.2 Ignition.....	60
4.2.1 Datan tallennus	61
4.2.2 Datan visualisointi	62
4.2.3 Arkkitehtuurit	63
4.2.4 Vertailuanalyysi	65
4.2.5 Turvallisuus.....	68
4.2.6 Lopuksi.....	69
4.3 AVEVA	69
4.3.1 Yleisesti.....	69
4.3.2 Järjestelmävaatimukset.....	75
4.3.3 Tietoturva	76
4.3.4 Lopuksi.....	76
4.4 Factory	77
4.4.1 Yleisesti.....	77
4.5 Open Automation Software	81
4.5.1 Yleisesti.....	81

4.5.2 Tietoturva	83
4.5.3 Käyttöliittymä.....	83
4.5.4 Lopuksi.....	84
4.6 Itse tehty datahistoroitsija	84
4.7 Hylättyjä vaihtoehtoja	87
5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	88
5.1 Vapaasti sanoitettu vertailu	88
6 LOPPUSANAT.....	91
LÄHTEET.....	92

LYHENNELUETTELO

LYHENNE	SELITYS	SUOMENNOS
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Tehtaan valvomo-ohjelmisto
MES	Manufacturing execution system	Tuotannon ohjauksen järjestelmä
ERP	Enterprise resource planning	Toiminnanohjausjärjestelmä
SERVER – CLIENT	Asiakas/Palvelin arkkitehtuuri	Tietokoneverkon tyyppi
PUB/SUB	Julkaisija/Tilaaaja arkkitehtuuri	Tietokoneverkon tyyppi
OLIO	Olio-ohjelmoinnissa ohjelmiston perusyksikkö, joka sisältää attribuutteja ja metodeja	
ENKRYPTAUS	Tiedon salaus tietokoneiden tietoliikenteessä	
RMP COM	Raumaster Paper Oy Component Object Model	Microsoftin apuohjelma, joka mahdollistaa ohjelmistojen välisen tiedonsiirron
DCOM	Distributed COM	Microsoft Windows -verkossa toimivien sovellusten välinen tiedonsiirtomenetelmä
HMI	Human Machine Interface	Käyttöliittymä käyttäjän ja laitteen välillä
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	Verkkopalveluiden ja -selainten protokolla
IaaS	Infrastructure as a Service	Pilvipalvelutyyppi, jossa infrastruktuuri on palveluna
IIoT	Industrial Internet of Things	Teollisuuden esineiden internet. Toisiinsa kytketyt laitteet, anturit ja instrumentit tietokoneiden teollisissa verkoissa
M2M OLE	Machine to machine Object Linking and Embedding	Koneiden välinen viestintä Microsoftin kehittämä teknologia, joka mahdollistaa objektien linkittämisen ja upottamisen

OPC UA	OPC Unified Architecture	Kommunikointiprotokolla
PAAS	Platform as a Service	Pilvipalvelutyyppejä, joihin alustana on palveluna
TCP	Transmission Control Protocol	Tiedonsiirto-protokolla, jolla luodaan yhteyksiä tietokoneiden välillä
SOAP	Simple Object Access Protocol	Protokolla XML-viestien välitykseen
TSN	Time-Sensitive Networking	Tosi-aikaiset sovellukset mahdollistava IEEE 208-standardin laajennus
XML	Extensible Markup Language	Standardoitu rakenteellinen kuvauskieli
API	Application programming interface	Ohjelmointi-rajapinta
PLC	Programmable logic controller	Ohjelmoitava logiikka

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön, jonka on tilannut Raumaster Paper Oy (RMP), tavoitteena on tutkia ja vertailla, teollisuudessa käytettyjen logiikoiden, datahistoroitsijoiden ominaisuuksia. Datahistoroitsijat (eng. data historian) koostuvat laitteista ja ohjelmista, jotka muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jonka toimintaa kutsutaan datan historoinniksi tai tallettamiseksi. Historoitsijat toimivat tehtaiden verkossa sijaitsevalla tietokoneella keräten tietoa järjestelmän laitteista ja tallentamalla ne muistiin. Tätä dataa voidaan seurata reaaliaikaisesti tai käyttää myöhemmin moniin eri tarkoituksiin. Tämä datan tarkastelu ja hyötykäyttö jälkeempään on tämän opinnäytetyön pääaihe. (C3.ai, 2023.)

RMP:n aikoo käyttää tämän tutkimuksen tuloksia apunaan valitessaan sopivaa datahistoroitsijaa tarpeisiinsa. RMP:n tarve on saada käyttöönsä datahistoroitsija, jota voisi käyttää laitteiden käyttöönotossa, jotta ongelmatilanteiden ratkominen olisi helpompaa ja sujuisi nopeammin. Historoitsija jäisi myös asiakkaan käyttöön, kun tehdas on normaalissa käytössä, jolloin satunnaisten ongelmatilanteiden ratkominen itse tai etäyhteydellä RMP:n kautta olisi helpompaa.

Tutkimuksen alussa tutustutaan tehdasjärjestelmiin ja datankäsittelyyn. Teoriaosuuden lopussa käsitellään datahistoroitsijoissa käytettävään OPC UA protokollaa, jonka jälkeen tutkimuksessa vertaillaan markkinoilla olevia datahistoroitsijoita. Tämän tutkimuksen tarkoituksena ei ole saada selville parhainta mahdollista järjestelmää, vaan tuoda esille järjestelmien eroavaisuuksia ja esittää ne selkeästi.

1.1 Yritysesittely

Raumaster Paper Oy on suomalainen yritys, joka toimittaa automaattisia materiaalinkäsittelyjärjestelmiä paperinjalostustehtaille kansainvälisesti. Yrityksen toimipisteet sijaitsevat Raumalla ja Porissa. RMP suunnittelee, valmistaa, asentaa ja käyttöönottaa omat laitteistonsa mm. paperirullien ja sellupaalien käsittelyyn. Järjestelmiä ovat mm. emorullan käsittely, rullan kuljetus, pakkaus sekä varastointi, pituusleikkurit, hylsysahat, automaattinen ajoneuvolastaus ja monia muita. Projektien sisällöt vaihtelevat asiakkaan tarpeiden mukaan. Toiset asiakkaat tarvitsevat järjestelmiä aina emorullan käsittelystä varastointiin, kun taas toiset tarvitsevat vain hylsysahan tai automaattisen ajoneuvolastauksen. RMP ostaa alihankkijoiltaan sähkökeskusten ja osien valmistuksen. Kokoonpanon ja asennuksen se hoitaa itse. (Lahtonen, 2023.)

RMP on osa Raumaster konsernia. Se irtautui emoyhtiöstään vuonna 2003 keskittyäkseen paperirullien käsittelyyn, kun taas emoyhtiön toimiala on hieman laajempi, projektien sijoituessa laajemmin puunjalostus- ja energiateollisuuteen. Työntekijöitä koko konsernilla on noin 400 ja RMP:llä tällä hetkellä noin 80. RMP:n liikevaihdot ovat olleet viimeiset neljä tilikautta n.20 miljoonaa euroa. Tällä hetkellä RMP:llä on projekteja Suomen lisäksi Pohjois- ja Etelä-Amerikassa, ympäri Eurooppaa, Aasiassa, Oseaniassa ja Australiassa. (Lahtonen, 2023.)

2 LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tavoiteltu järjestelmä

Raumaster Paper Oy on asettanut tavoitteeksi tutkia ja vertailla markkinoilla olevia tehdasautomaation datan tallennuksen ratkaisuja ja sovelluksia. Tehtaiden toiminnan aikana ja käyttöönoton aikana ilmenee toimintahäiriöitä ja näiden diagnosointi on joskus haastavaa ilman historiatietoja logiikassa tapahtuvista muutoksista.

Tällaista järjestelmää käytettäisiin projekteissa ja laitteistojen logiikoiden kanssa samassa verkossa olevassa tietokoneessa, jossa se tallentaisi logiikan tietoja esimerkiksi tehtaan tietokantaan tai pilvipalvelimelle. Tätä järjestelmän logiikasta saadun datan tilaa pystyttäisiin siten tarkastelemaan reaaliaikaisesti tai valitulla ajan hetkellä. Järjestelmän pitäisi pystyä havaitsemaan poikkeavuudet tai ainakin esittämään dataa niin, että käyttöönottaja pystyy helposti havaitsemaan datahistoroitsijan esittämästä datasta poikkeavuudet laitteiston toiminnassa. Järjestelmän pitäisi olla myös sopiva sellaisen ihmisen käyttöön, jolla ei ole kokemusta RMP:n laitteistoista tai automatiikasta, eli järjestelmän täytyy pystyä näyttämään hälytyksiä.

Järjestelmä mahdollistaa tehtaan normaalin toiminnan jatkuvuuden sekä vikatilanteiden ratkaisemisen ja estämisen tulevaisuudessa. Tallennetusta datasta hyötyy myös asiakas niin halutessaan, sillä tehtaan tuotantoa pystyy parantamaan analysoimalla dataa. (Precognize, 2022.)

2.2 Käyttö Raumaster Paper Oy:n projekteissa

Datahistoroitsijaa käytetään kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäinen näistä vaiheista on RMP:n suorittama laitteiden käyttöönotto. Kun laitteet on saatu asennettua asiakkaan tiloihin ja sähköistettyä, RMP lähettää automaatioinsinööriin tehtaalte. Automaatioinsinööri lataa laitteiston ohjelman

logiikkaan ja aloittaa koeajot. Koeajossa testataan laitteiden kaikki mahdolliset tilanteet, liikeradat, anturit sekä testataan mahdollisesti esimerkiksi paperirullien ajoa tai leikkuuta. Tässä vaiheessa yleensä tapahtuu odottamattomia asioita, joiden alkuperä ei välttämättä ole helposti pääteltävissä. Usein ongelmat ratkeavat ohjelmaa tutkimalla ja korjaamalla, mutta ei aina. Tallennettu data voi osoittautua hyödylliseksi, koska laitteen toimintaa ja ohjelmointia muutetaan moneen kertaan. Laite voi joutua tuntemattomasta syystä tilaan, jossa sen ei pitäisi olla tai se voi ilmoittaa virhekoodia. Käyttönottajan tulee selvittää, miksi laite päätyi tähän tilaan. Ihmisen havainnointikyky ei kuitenkaan välttämättä riitä selvittämään, mitä laitteen toiminnan aikana tapahtuu.

Käyttönottajan tarvitsee siis tietoa, mitä laitteen logiikan ohjelmassa tapahtui virheen tapahtuessa. Ohjelmassa tapahtuvat datan muutokset ovat usein kuitenkin niin nopeita, ettei niitä pysty seuraamaan reaaliaikaisesti. Ohjelman kiertoaika voi olla jopa 1ms, jolloin 2ms aikana yksittäinen bitti voi muuttua TRUE-tilasta FALSE-tilaan ja takaisin, jolloin käyttönottaja ei koskaan näe muutosta, vaikka seuraisikin juuri oikeaa bittiä tietokoneen näytöltä.

Tätä ongelmaa voidaan ratkoa tallettamalla datan muutosta ja tarkastelemalla sitä jälkikäteen. Datahistoroitsija voidaan asettaa tallettamaan vain muuttuneet tilatiedot joka kerta, kun valittu muuttuja muuttuu (event) tiettyyn tilaan, jolloin pystytään helposti seuraamaan datan muutosta jonkun raja-arvon yli, vaikka logiikka käsittelee jokaisen muistipaikan jokaisella ohjelmasyklillä. Datan kirjaaminen (data logging) taas tallettaa jokaisen tagin jokaisella syklillä. Tällaista jokaisella syklillä tallennettua dataa voidaan esittää helposti graafina ja on tietyissä tapauksissa hyödyllinen. Tämä tapa kuitenkin käyttää turhaa ylimääräistä tallennustilaa ja halutun bitin diagnosointi hankaloituu tietyissä tapauksissa. Molemmat tavat ovat hyödyllisiä tietyissä tapauksissa. Kun datan historiaa pystytään lukemaan, käyttönottaja pystyy selvittämään ohjelmansa tapahtumakulun tarkemmin ja sitä kautta selvittämään virheen ohjelmassaan. (Berg, 2022.)

Toinen vaihe, jossa datahistoroitsijaa voidaan käyttää, on käyttöönoton jälkeen, kun tehtaan normaali toiminta on alkanut. Jos laitteeseen tulee vika,

voidaan sitä selvittää parhaimmassa tapauksessa etänä, jolloin RMP ottaa etäyhteyden tehtaan Engineering Station:in (tietokone tehtaalla, joka on yhteydessä RMP:n laitteisiin), josta päästään käsiksi tehtaan verkkoon ja sitä kautta datahistoroitsijan järjestelmään ja tietokantaan. Tällöin käyttöönottajen ei tarvitse matkustaa tehtaalle selvittääkseen vikaa vaan pystyy selvittämään vian syyn etänä.

Riippuen järjestelmän monipuolisuudesta, asiakas voi myös halutessaan lukea dataa myös muihin tarkoituksiin. Niin sanottu Big Data on tullut yhä enemmän ja enemmän tehtaiden järjestelmiin mukaan. Big Datan ajatus perustuu siihen, että keräämällä mahdollisimman paljon dataa, voidaan tehtaan toimintaa tehostaa analysoimalla dataa. Monissa tässä tutkimuksessa vertailuissa järjestelmissä pystytään käyttämään kerättyä dataa ja esittämään sitä monilla eri tavoin ja moniin eri tarkoituksiin. Tähän käsitteeseen pureudutaan tutkimuksessa myöhemmin. (Oracle, 2023.)

2.3 Kriteerit ja toivomukset

Raumaster Paper Oy on asettanut toivomusten lisäksi kriteerejä järjestelmien suhteen. Kriteerit on valittu niin, että niiden avulla voidaan hylätä vaihtoehdot, jotka eivät sovellu RMP:n käyttöön. Toivomukset eivät ole välttämättömiä, mutta ominaisuuksia, jotka helpottavat ja parantavat niin käyttöönottajan kuin asiakkaan kokemusta järjestelmän parissa.

2.3.1 Kriteerit

RMP:n lähes kaikki projektit sisältävät joko Siemens AG:n tai Rockwell:n Allen-Bradley-ohjelmoitavia logiikoita, joten datahistoroitsijan pitää olla yhteensopiva näiden laitteiden kanssa. Lähes kaikki datahistoroitsijat käyttävät tiedonsiirtoon OPC UA protokollaa. Siemens:n logiikoissa on integroitu server-tuki alkaen 1200-sarjan logiikoista (Siemens, 2023b). Vuonna 2018 Rockwell ilmoitti, että FactoryTalk linx ohjelmisto tukee OPC UA-

protokollaa, minkä avulla kaikki Allen-Bradley logiikat tukevat OPC UA protokollaa (Automation.com, 2018).

Toinen kriteereistä koskee datahistoroitsijan ohjelmasykliä, joka ei saa olla isompi kuin ohjelmoitavan logiikan, joka on RMP:n järjestelmissä asetettu yleensä 1 millisekuntiin (teoreettinen, lyhin, keskivertosykli). Käytännössä järjestelmien logiikat pyörivät n.15–20 millisekunnin syklissä. (Lahtonen, 2023). Tämä datahistoroitsijan hitaus johtaisi siihen, että kaikkia tagimuutoksia ei luettaisi jokaisella ohjelmakierrolla, mikä johtaisi epätarkkoihin tuloksiin.

Kolmas kriteeri on datahistoroitsijan tallennuskohde. Dataa käsitellään isoja määriä, joten se pitää tallettaa joko tietokantaan tai pilveen. Datahistoroitsijan pitää pystyä tallettamaan dataa MySQL-tietokantoihin, jota RMP:n työntekijät osaavat käsitellä.

Neljäs kriteeri liittyy käsiteltävien tagien määrään. RMP:n projekteissa on noin 100–4000 tagia/järjestelmä. Joissain tapauksissa näitä järjestelmiä saattaa olla samassa tehtaassa useita. Puhutaan siis n. 10 000 tagista, joita datahistoroitsijan pitäisi pystyä seuraamaan ja tallentamaan jokaisella ohjelmasyklillä.

Viides kriteeri on järjestelmän helppokäyttöisyys siinä mielessä, että järjestelmä jää asiakkaan käyttöön projektin valmistuttua. Järjestelmän pitää olla tarpeeksi selkeä, jotta tehtaan operaattori, jolla ei ole automaatioalan koulutusta, osaa käyttää järjestelmää.

2.3.2 Toivomukset

Kriteerien lisäksi RMP:llä on toivomuksia järjestelmän suhteen. Toiveena olisi, että järjestelmän voisi asentaa käyttöönoton alussa suhteellisen helposti ilman työtä paikan päällä, koska tarvittavat työt on tehty etukäteen, jonka jälkeen järjestelmä toimii itsenäisesti kaiken taustalla, kunnes sitä tarvitaan.

Esimerkkinä tällaisesta olisi, että järjestelmä tallentaisi kaikki projektin tagimuutokset puskuritilaan, josta data poistettaisiin automaattisesti tunnin jälkeen paitsi silloin, kun laitteeseen x tulee vika. Tällöin järjestelmää voidaan käskää tallentamaan kyseisen laitteen tagien muutokset puskurimuistista pysyvään muistiin, mistä dataa voidaan analysoida. Loppukäytössä järjestelmä tallentaisi dataa pilveen tai tietokantaan, jonka tallennustilan mukaan se siivoaisi vanhemman datan pois automaattisesti säilyttääkseen tietyn määrän vapaata tallennustilaa.

Muokattavuuden helppous on myös tärkeää. Jos ja kun projektin käyttöönoton aikana logiikan ohjelmaan joudutaan lisäämään tai poistamaan tageja tai muuttamaan osoitteita, aiheuttaako se isoa vaivaa muokata datahistoroitsijaa? Kuinka helposti aikaisemman projektin pohjaa voidaan käyttää uutta projektia tehdessä eli voidaanko samaa pohjaa hyödyntää datahistoroitsijassa vai lisääkö datahistoroitsija työtunteja projekteihin. RMP toivoo, että järjestelmä on helppo ottaa mukaan ohjelmointityön ohelle.

RMP toivoo, että järjestelmän hinta on kohtuullinen. Lisenssityypin tulisi olla sellainen, että kun järjestelmä on kerran ostettu, se toimii ikuisesti sillä laitteella. Tällöin projektien hinnoittelu myös selkeytyy. Osassa markkinoilta saatavilla olevissa järjestelmissä on samassa paketissa muitakin järjestelmiä kuin vain datantallennus, mikä lisää tuotteen hintaa turhaan.

Vuonna 2017 Rami Jarakivi kirjoitti samaan aiheeseen liittyvän opinnäytetyön, missä Jarakivi itse rakensi datahistoroitsijajärjestelmän. Tätä järjestelmää ei myöhemmin ole käytetty RMP:llä. Jarakiven työssä määriteltiin RMP:n toivomukset järjestelmän suhteen, eivätkä nämä toivomukset ole muuttuneet.

Toivomukset järjestelmältä olivat seuraavat:

- ”Tallennettavien tietojen dynaaminen määrittely mukaan lukien
 - Tiedon tallennuksen aikaväli
 - Tallennettavat muistipaikat
 - Muistipaikat, joita seurataan ja joiden ollessa tietyissä arvoissa tallennetaan

- Järjestelmän toiminta 24/7
- Tallennettujen tietojen lukeminen VPN-yhteyttä käyttäen
- Toive Microsoft-lähtöisten tekniikoiden käyttämisestä.” (Jarakivi, 2017, s. 8.)

2.4 Miten tutkimus vastaa kysymyksiin?

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on esitellä RMP:lle sopivia datahistoroitsijoita aikaisemmin todettujen kriteerien ja toivomusten perusteella. Tutkimuksessa pyritään esittelemään laajalti markkinoilta saatavilla olevien datahistoroitsijoiden hyviä ja huonoja puolia sekä tutkimalla, miten ohjelmat vastaavat RMP:n asettamia kriteerejä. Tutkimus voidaan siis jakaa selkeästi vertailtaviin osa-alueisiin kriteerien perusteella sekä lisäksi vertailemalla esimerkiksi käyttökokemusta ja yhteensopivuutta muiden RMP:n periaatteiden kanssa. Tutkimuksen lopuksi ei haluta selkeää voittajaa vaan selkeät erot. Mikä ratkaisu soveltuu parhaiten mihinkin tarpeeseen? Jatkossa RMP voi valitessaan tukeutua tähän opinnäytetyöhön, kun tulee tarve valita sopiva datahistoroitsija. Vertailtavia kohtia avataan enemmän seuraavissa kappaleissa.

2.4.1 Hinta

Hinta on tärkeä valitessa sopivaa järjestelmää. Jos tuote on kallis antamaansa hyötyyn nähden, pitää miettiä onko tuote sen arvoinen. Tässä tutkimuksessa hintoja oli todella vaikea ilmaista ja vertailla selkeästi, sillä eri tuotteiden lisenssityypit olivat kovin erilaiset. Toiset tuotteet vaativat vain yhden lisenssimaksun, jonka jälkeen niitä sai käyttää niin paljon kuin haluaa, kun taas toiset olivat monimutkaisempia. Joissakin saattoi olla niin, että mitä enemmän käyttäjiä, sitä enemmän tuotetta pitää ostaa. Toisten valmistajien tuotteista oli monta versiota riippuen käytön laajuudesta. Tuotteesta saattaa olla esimerkiksi tarjolla versio, joka tukee vain tietyn määrän tagien lukemisen. Isompien tagimäärien tuotteet ovat tällöin kalliimpia.

Ongelmaksi muodostui myös hintojen selvittely. Tuotteiden hintoja ei ollut kehittäjien nettisivuilla ollenkaan. Monet valmistajat eivät vastanneet kyselyihin hinnoista ja toiset halusivat ensin tietää käyttötarkoituksen ja käydä neuvotteluita ennen lopullisen tarjouksen tekemistä. Loppujen lopuksi datahistoroitsijan hinta vaikuttaa myös hintaan, jolla RMP:n koko järjestelmä myydään asiakkaalle.

2.4.2 Graafinen ilmaisu

Datan graafista ilmaisua tarvitsee ajatella kahdesta eri näkökulmasta, jotka ovat asiakkaan kokemus ja käyttöönottajajan kokemus. Asiakas haluaa, että järjestelmää on helppo lukea ja käyttää, sillä asiakkaan käyttäjillä ei todennäköisesti ole automaatioalan kokemusta. Järjestelmän tulee olla selkeä ja käyttäjäystävällinen. Osa markkinoilla olevista tuotteista tarjoavat web-pohjaisia käyttöliittymiä sekä mobiilisovelluksia. Ihanteellisessa tilanteessa kaksi puolta. Toinen puoli olisi näkymä asiakkaan käyttäjälle ja toinen puoli käyttöönottajalle. Visuaalinen ilme muuttuisi käyttäjän mukaan.

Käyttöönottaja eli RMP:n työntekijä haluaa, että datahistorian lukeminen olisi vaivatonta ja vähän kuormittavaa, mutta myös monipuolinen ja enemmän asiantuntijalle suunnattu. Ihanteellisessa tilanteessa käyttöönottajajan tarvitsisi valita vain ajankohta datahistoroitsija käyttöliittymästä, jolloin sen hetken data näkyisi TIA Portalin ohjelmakoodissa, kuten normaalisti bittien tilaa pystyy monitoroimaan RUN-tilassa, jolloin käyttökokemus olisi hyvin tuttu käyttöönottajalle. Tällaista mahdollisuutta ei ole kuitenkaan tarjolla markkinoilla, mutta sen saisi toteutettua käyttämällä hiukan työtunteja. Tämä toteutus on selitetty myöhemmin tässä tutkimuksessa. Palaverissa Joni Lahtosen ja Hannu Asmalan kanssa kuitenkin todettiin, että tällainen graafinen ilmaisu ei ole helposti toteutettavissa, joten tätä ei pidetä mahdollisena vaihtoehtona.

2.4.3 Sovellettavuus

Tärkeää on tietää, kuinka helppo järjestelmän käyttöönotto on ja miten se soveltuu RMP:n ja tehtaan eli asiakkaan järjestelmään. Tutkimuksessa vertaillaan työtuntien lisääntymistä sovellusta käytäessä. Jos datahistoroitsijan käyttö vie käyttöönottajalta liikaa aikaa, on se pois muusta työstä, mikä lisää kustannuksia ja vähentää työn tehokkuutta ja pahimmassa tapauksessa käyttöönotto viivästyy. Tutkimuksessa verrataan myös järjestelmien tehokkuutta ja nopeutta.

3 TEORIA

Jotta voidaan ymmärtää, miten datahistoroitsijat toimivat, pitää ymmärtää miten sitä ympäröivä järjestelmä toimii. Seuraavissa kappaleissa käsitellään teoriaa siitä, miten dataa käsitellään tehtaiden järjestelmissä ja miten se päättyy datahistoroitsijoiden käsiteltäväksi.

3.1 Tehtaan toiminta

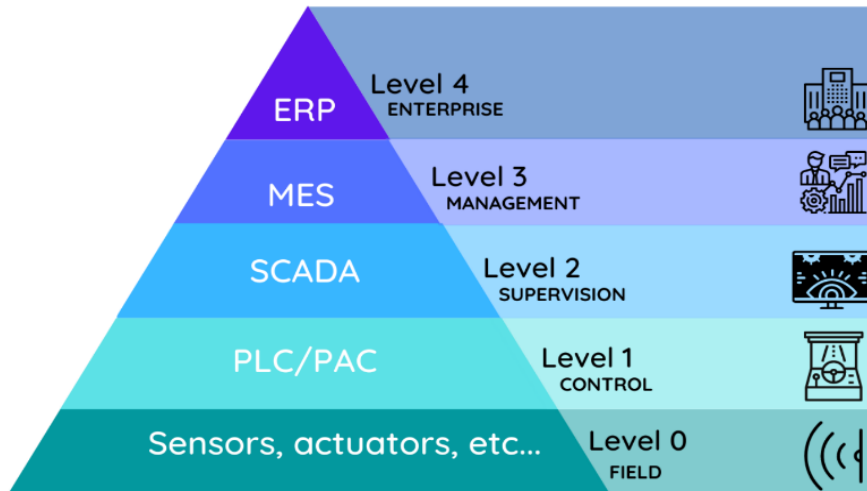
Tehtaiden laitteiden toiminnasta ja automaatiosta vastaa ohjelmitava logiikkayksikkö eli PLC. Tälle logiikkayksikölle suunnitellaan laitteiden automatiikka. PLC on kuin pieni tietokone, joka koostuu ohjelmointiyksiköstä ja prosessorista. PLC:hen on kytketty joko integroidusti tai modulaarisesti tulo- ja lähtöliitännät eli I/O:t (input/output). Näihin liitäntöihin kytketään sähköisesti tehtaan laitteisto, joka kommunikoi PLC:n kanssa. PLC pystyy siis lähettämään ja vastaanottamaan signaaleja laitteistolta, joita PLC tarvitsee, jotta se ymmärtää mitä laitteistossa tapahtuu ja näin ollen pysyy selvillä, missä kohtaa automaattista sekvenssiä sen kuuluu toteuttaa. Näihin signaaleihin perustuu tässä opinnäytetyössä tutkittavan datahistoroitsijan tieto. (Asmala, 2023a.)

Kenttäväylätekniikoiden avulla dataa voidaan siirtää suuremmissa määrissä, jolloin data voi olla jo anturin tai laitteen itse jalostamaa. Kenttäväylien avulla data, joka on antureilta tuotu PLC:lle, siirtyy PLC:ltä tehtaan muille tasoille, jossa sitä voidaan käyttää hyödyksi tehtaan valvonnassa ja tuotannonohjauksessa, kuten esimerkiksi datahistoroitsijoissa. Kenttäväylät ovat käytännössä ja fyysisesti siis standardoituja tiedonsiirtokaapeleita. (Asmala, 2023c.) RMP:n käytössä on yleisesti ottaen Profinet-kenttäväylä, jota käytetään aina antureilta PLC:lle, PLC:den välillä ja aina tehtaan hallintatasoille.

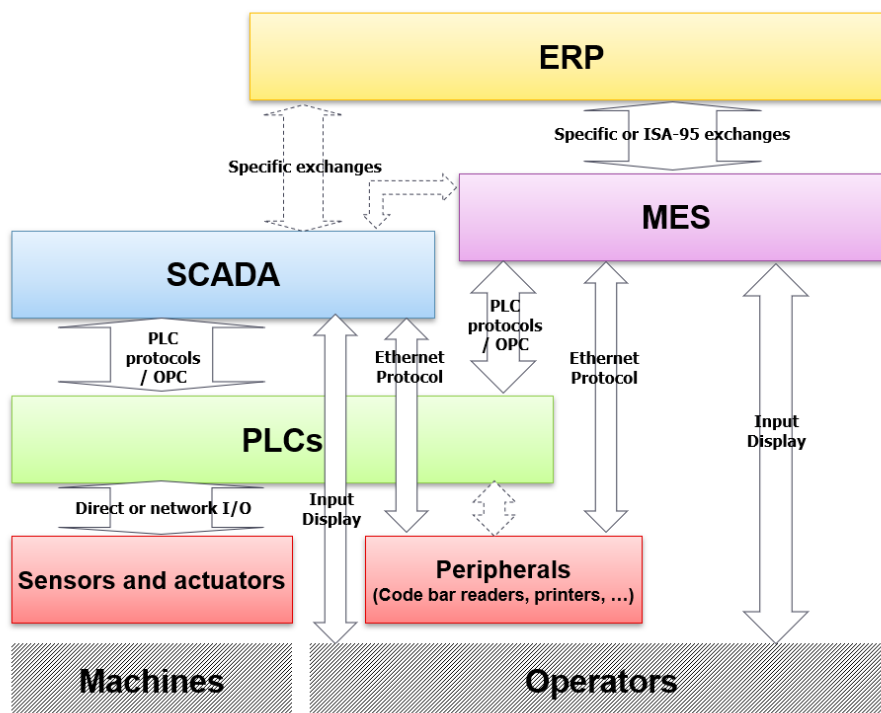
Tärkeää on myös huomioida, että PLC toimii syklisesti. Signaaleja vastaanotetaan ja lähetetään sykleittäin ja tämä syklin kesto ei ole vakio vaan siihen vaikuttaa moni asia, kuten esimerkiksi PLC:n kuormitus ja käytettävien tagien eli PLC:n muistipaikkojen määrä. Jos PLC:n sykli tahti hidastuu, vaikuttaa se koko järjestelmän toimivuuteen ja tarkkuuteen. Datahistoroitsijat käyttävät hyväkseen OPC UA nimistä kommunikointiprotokollaa, joka vaikuttaa myös syklinopeuteen ja on siksi tärkeä ottaa huomioon tutkiessa datahistoroitsijoita. (Asmala, 2023b.)

3.2 Tehtaan tasot

Tehdasteollisuuden järjestelmät jaetaan hierarkkisesti pyramidimalliin kuvan 1 mukaisesti. Alimpana tasona ovat itse tehtaan laitteet ja niiden anturit ja toimilaitteet, kuten esimerkiksi venttiilit ja moottorit. Tätä tasoa kutsutaan kenttätasoksi. Näitä laitteita ohjaavat tehtaan PLC:t, jotka sijaitsevat omalla ohjaustasolla. Tätä kaikkea toimintoa seurataan SCADA- eli valvomotasolta. Tässä tasossa sijaitsee tehtaan valvomon tietokoneet, joilla voidaan tarkkailla yleisesti koko tehtaan toimintaa. Tämä on myös taso, jossa datahistoroitsijat toimivat asiakkaan käytössä. Kaksi ylintä kerrosta, ERP ja MES, vastaavat tuotantolinjan toiminnan koordinoinnista niin, että tuotanto sujuu mahdollisimman tehokkaasti. Ylintä tasoa, ERP, voidaan käyttää isomman kokonaisuuden (useamman tehtaan) toimintojen hallintaan. Tasojen määrä ja käyttötarkoitus vaihtelevat kuitenkin tehdaskohtaisesti. (Kingstar, 2019.) Kuvassa 2 esitetään datan siirtymistä tasolta toiselle.



Kuva 1. Esimerkki tehtaan hallintatasoista (8Sigma, 2021)



Kuva 2. Esimerkki tehtaan hallintatasoista ja tiedon liikkumisesta (Ordinal, 2023)

3.3 Teollisuuden neljäs vallankumous

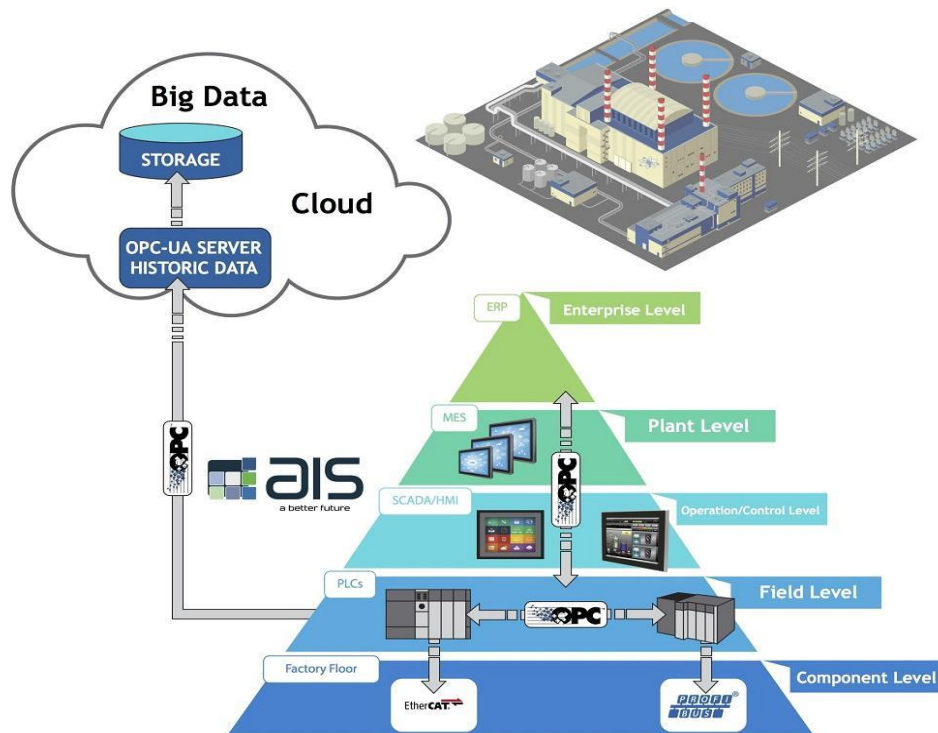
Teollisuuden neljäs vallankumous, jota kutsutaan myös Industry 4.0:ksi, on teollisuuden ja teknologian kehitys, joka liittyy teollisuuden automatisaatioon, robotiikkaan, internetiin, tekoälyyn ja muihin teknologioihin. Teknologiateollisuuden kehittäjät ja ammattilaiset ovat jo vuosia ennustaneet uutta käännekohdetta teollisuudessa ja ovat pyrkineet edesauttamaan tämän tapahtumista. Tämän vallankumouksen tavoitteena on luoda älykkäitä tehtaita, jotka ovat kyvykkäitä automaattisesti käsittelemään ja analysoimaan suuria määriä tietoja, ja luomaan näin tehokkaampia ja älykkäämpiä tuotantoprosesseja ilman ihmisen toimia. Teollisuuden neljäs vallankumous tulee myös muuttamaan työpaikkoja ja edistämään uusia liiketoimintamahdollisuuksia. (IBM, 2023.)

Tähän muutokseen liittyy myös vahvasti datahistoroitsijoiden lisääntynyt kysyntä osana tehtaan järjestelmää, sillä datahistoroitsijat ovat suuressa vastuussa tehtaan tuotannon metadatan tarkkailussa ja uusien, parempien ja tuottavampien toimintatapojen kehittämiseen (Wipro, 2021).

3.4 Big Data

Kuvassa 3 data ei kulje enää tasolta seuraavalle, vaan dataa kerätään jo kenttätasolta ylös pilveen, jossa sitä pystytään käsittelemään. Tämä saa aikaan valtavan raavan datan määrän, jota ei olla vielä millään tavalla prosessoitu, kuten vanhemmalla tavalla, missä data siirtyi tasolta tasolle, jolloin dataa käsiteltiin jokaisella tasolla. Kehittynyt teknologia on antanut mahdollisuuden kerätä tällaisia suuria määriä kerralla ja tätä on alettu kutsua yksinkertaisesti Big Data:ksi tai massadataksi, mikä on myös osa teollisuuden neljättä vallankumousta. (Oracle, 2023.)

Industry 4.0 and Smart Manufacturing



Kuva 3. Esimerkki Teollisuuden neljännen vallankumouksen muutoksista. (KVM Contractor, 2023)

Big Data tarkoittaa siis suuria ja monimutkaisia tietomääriä, joita ei pystytä käsittelemään tavanomaisilla tietokannoilla tai tietojenkäsittelymenetelmillä. Big Data -analytiikka käyttää erityisiä tekniikoita ja työkaluja tietojen keräämiseen, tallentamiseen, käsittelyyn ja analysointiin, jotta niistä saadaan hyödyllistä tietoa yrityksille ja organisaatioille. (Oracle, 2023.)

Yritykset hyödyntävät massadataa kolmesta syystä, joita ovat kulujen vähennys, nopeampi ja tarkempi päätöksenteko sekä uusien tuotteiden kehittäminen. Nämä ovat esitetty kuvassa 4. Analysoimalla valtavat määrät dataa, pystytään yleisesti ottaen vähentämään virheiden ja väärin toimintamallien tapahtumista, joista syntyy kuluja. Tietokonejärjestelmä pystyy tekemään päätöksiä nopeammin ja ennakoimaan aikaisemmin kuin ihminen. Tämä antaa mahdollisuuden tuottavuuden korkean tason säilyttämiseen. Uusia tuoteideoita saattaa syntyä, kun dataa analysoidaan ja huomataan

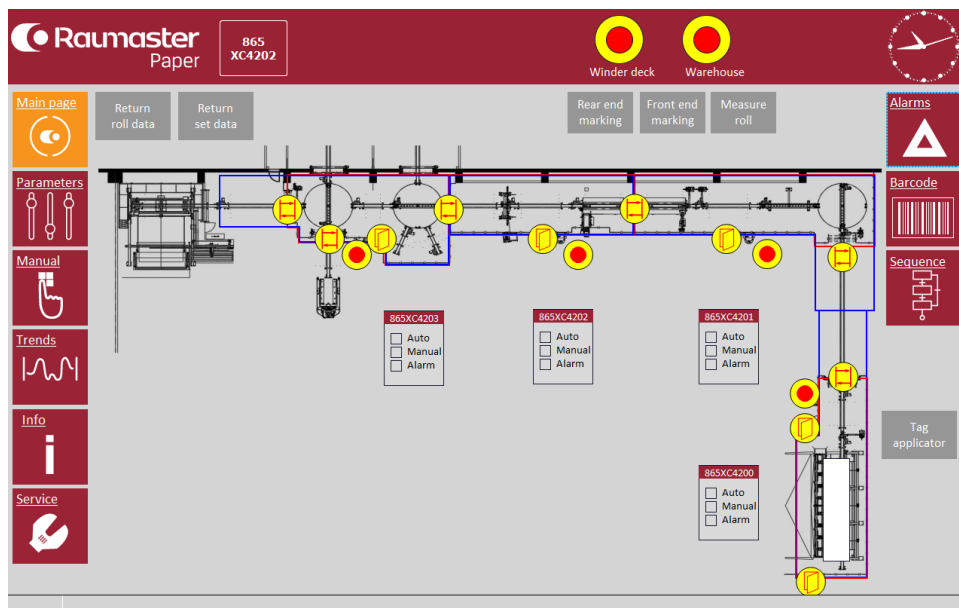
asiakkaan tarve tietyllä osa-alueella. Big data on kuitenkin murrosvaiheessa ja kehittyä koko ajan, eivätkä yritykset pysy vielä täysin kehityksen mukana. Etenkin datantallennusta ja hoitoa ei pystytä vielä tehokkaasti toteuttamaan. (Oracle, 2023.)



Kuva 4. Esimerkki Big Datan hyödyistä (OCI, 2023)

3.5 Datan monitorointi, tallennus ja datahistoroitsijat

Miten dataa sitten monitoroidaan ja miksi? Dataa monitoroidaan monella eri tasolla. Tehtaan operaattorit eli laitteiston käyttäjät seuraavat laitteiden toimintaa käyttöliittymien välityksellä. Käyttöliittymät voivat sijaita laitteessa tai esimerkiksi linjaston varrella. Käyttöliittymät kertovat laitteiston toimittajasta riippuen laitteiden ajantasaisen tiedon, jonka pääte saa suoraan PLC:ltä. Tarvittaessa käyttöliittymä voidaan asettaa ilmoittamaan hälytyksiä ja sanomia, kuten esimerkiksi laitteiden virhetilat, jotta operaattori voisi mahdollisesti korjata vian itse. (Asmala, 2023a; Inductive Automation, 2018.) Kuvassa 5 esimerkki RMP:n käyttöliittymästä.



Kuva 5. RMP:n käyttöliittymä (RMP, 2023)

Dataa monitoroidaan myös SCADA-tasolla eli tehtaan valvomossa, jossa koko tehtaan toimintaa valvotaan. Tällä tasolla mahdolliset viat ja ongelmat huomataan ensimmäisenä. (Atmos international, 2019). RMP:n projekteissa tällä tasolla sijaitsee ns. Engineering station (ES), josta pystytään hallitsemaan kaikkia RMP:n laitteita kootusti.

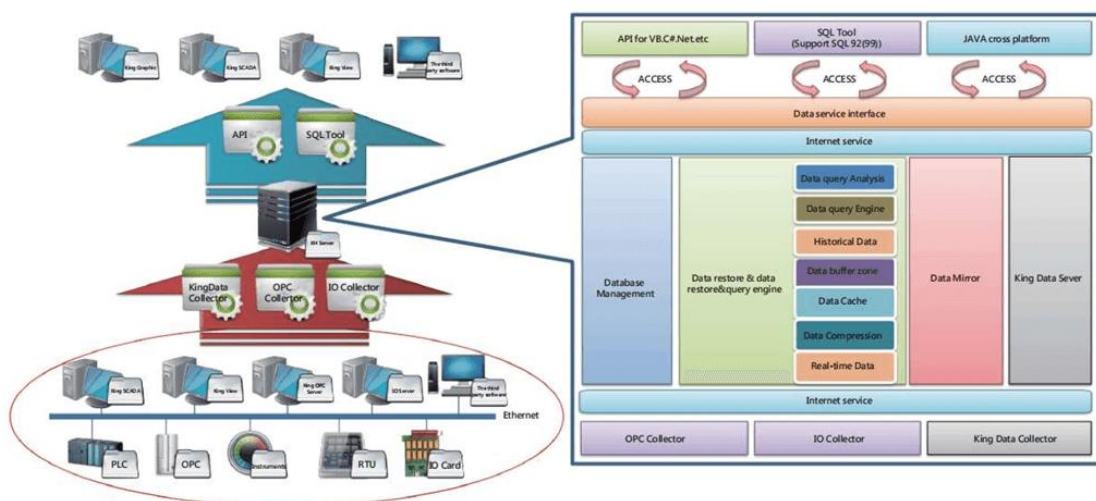
Seuraavaksi on ERP- ja MES-tasot. Näillä tasoilla datan monitorointi ja lopulta datan historiatieto tulee kaikkein tärkeimmäksi. MES-tasolla ohjataan ja haalitaan koko tehtaan toimintaa. Tätä varten tason järjestelmät tarvitsevat mahdollisemman paljon tietoa tehtaan toiminnan sen hetkisestä tilasta ja historiasta, jotta voidaan tehdä tuotannollisesti tehokkaita päätöksiä tehtaan toiminnasta. Näillä tasoilla dataa tallennetaan tietokantoihin. ERP-tasolla ohjataan vielä isompia kokonaisuuksia, kuten esimerkiksi monia yrityksen tehtaita. (Pyyskänen, 2013, s. 25.)

3.5.1 Datan tallennus tietokantaan

Tietokannat ovat tärkeitä datan tallentamisessa, koska ne tarjoavat strukturoitua tapaa tallentaa, hallita ja hakea dataa. Datahistorointi edellyttää

suurten tietomäärien keräämistä eri lähteistä. Ilman tietokantaa tämän datan hallinta ja analysointi olisi vaikeaa. Tietokannat tarjoavat vankan ja skaalautuvan alustan suurten tietomäärien tallentamiseen, hallintaan ja analysointiin. (Techtarget, 2023.)

Lähes kaikki markkinoilla olevista datahistoroitsijoista hyödyntävät tietokantoja toiminnassaan (Berg, 2022). Dataa voidaan kerätä myös muihin tiedostomuotoihin, mutta suurissa määrissä tämä ei ole kannattavaa, koska datankäsittely on helpompaa tietokannoissa (Asmala, 2023b). Kuvassa 6 esitetään, miten dataa kerätään tietokantaan.



Kuva 6. Esimerkki datan tallennuksesta tietokantaan (WellinTech, 2023)

3.5.2 Datatyypit

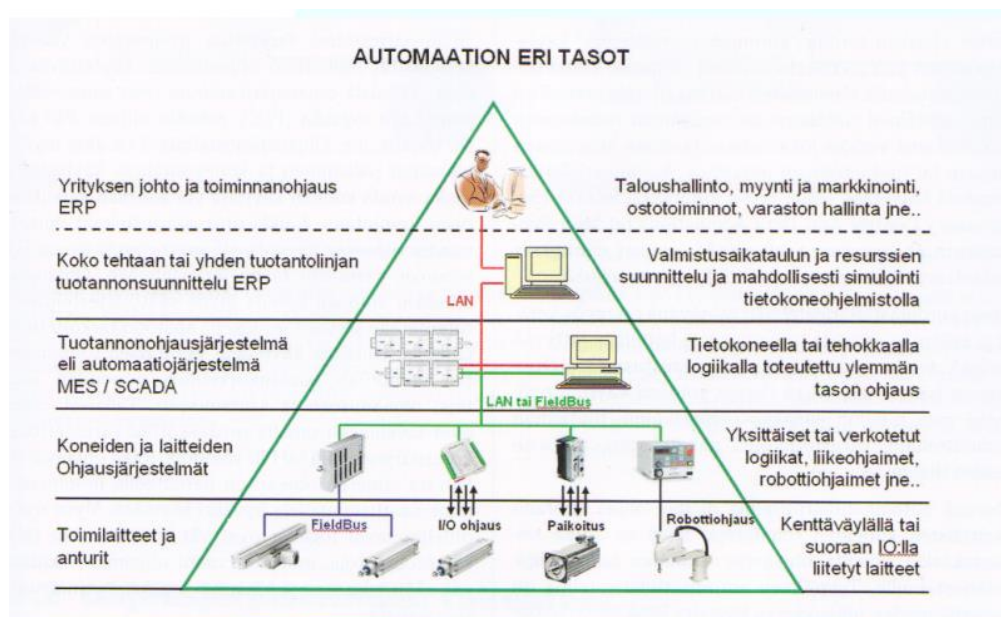
PLC käsittelee monen muotoista dataa ja on hyvä ymmärtää, millaista dataa datahistoroitsija saattaa kerätä. Yksinkertaisin näistä data tyypeistä on boolean data tyyppi, joka voi olla vain kahdessa tilassa: 1 tai 0. Tätä datatyyppiä on selkeästi eniten (ainakin RMP:n projekteissa), koska lähes kaikki induktiiviset anturit ja valokennoanturit antavat tietoa boolean-muodossa ja lähtevät tiedot ovat yleensä hyvin yksinkertaisia päälle-pois tietoja (pois lukien taajuusmuuttajien ohjaukset). (Asmala, 2023a.)

Datan analysoinnin kannalta voi olla tärkeää esimerkiksi tietää onko jokin ohjaus tai anturi käynyt 1-tilassa. Logiikka käsittelee myös esimerkiksi pulssiantureiden paikkatietoja, jotka ovat numeraalisia tietoja. Datahistoroitsija voidaan esimerkiksi asettaa niin että se tallettaa pulssianturin paikkatiedon muutoksen, kun se ylittää tietyn arvon. Muita arvoja ovat esimerkiksi luetut viivakoodit, etäisyyden arvot jne. (Asmala, 2023a.)

3.5.3 Kenttäväylät ja tietoturva

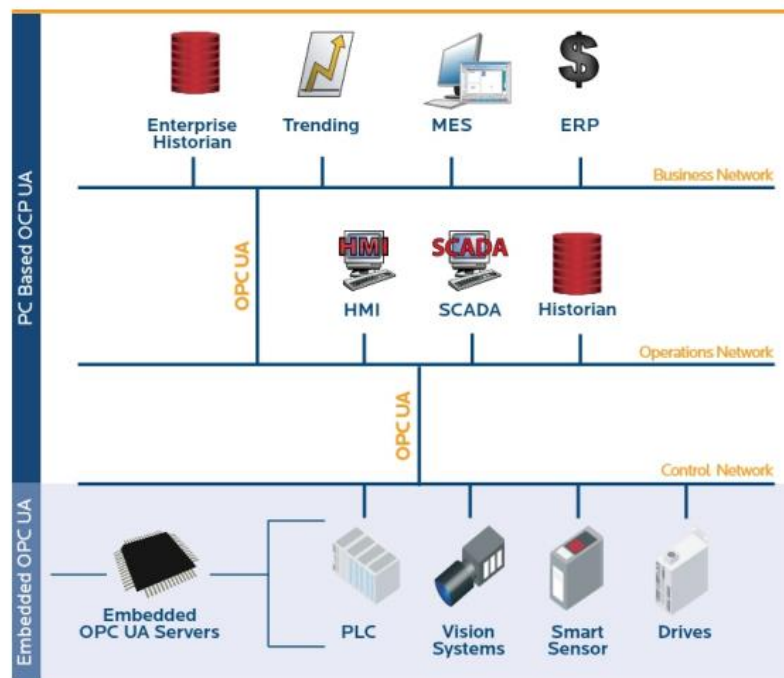
Aikaisemmin mainitut tehtaan tasot keskustelevat keskenään erilaisten kenttäväylien tekniikoiden avulla. Nämä tekniikat ovat vuosien saatossa kehittyneet ja vaihtuneet paljon. (Kangas, 2021, s. 7.)

Kuva 7 havainnollistaa, missä kenttäväylää käytetään. Kenttäväylät vaikuttavat pääasiassa kenttä- ja valvomotasolla, jonka jälkeen käytetään pitkälti tehtaan omaa verkkoa tiedonsiirtoon (Keinänen ym., 2009, s. 209). Useat lähteet puhuvat, että tulevaisuudessa tämä klassinen pyramidimalli olisi muuttumassa matalampaan hierarkiaan teollisuuden neljännen vallankumouksen myötä niin, että laitteet pystyisivät jatkossa keskustelemaan pyramidin kärjestä aina pohjalle saakka ilman välikäsiä. Tällä hetkellä tähän ei ole mahdollisuutta. (Toradex, 2019.)



Kuva 3. Automaation eri tasot (Keinänen ym., 2009, s. 209)

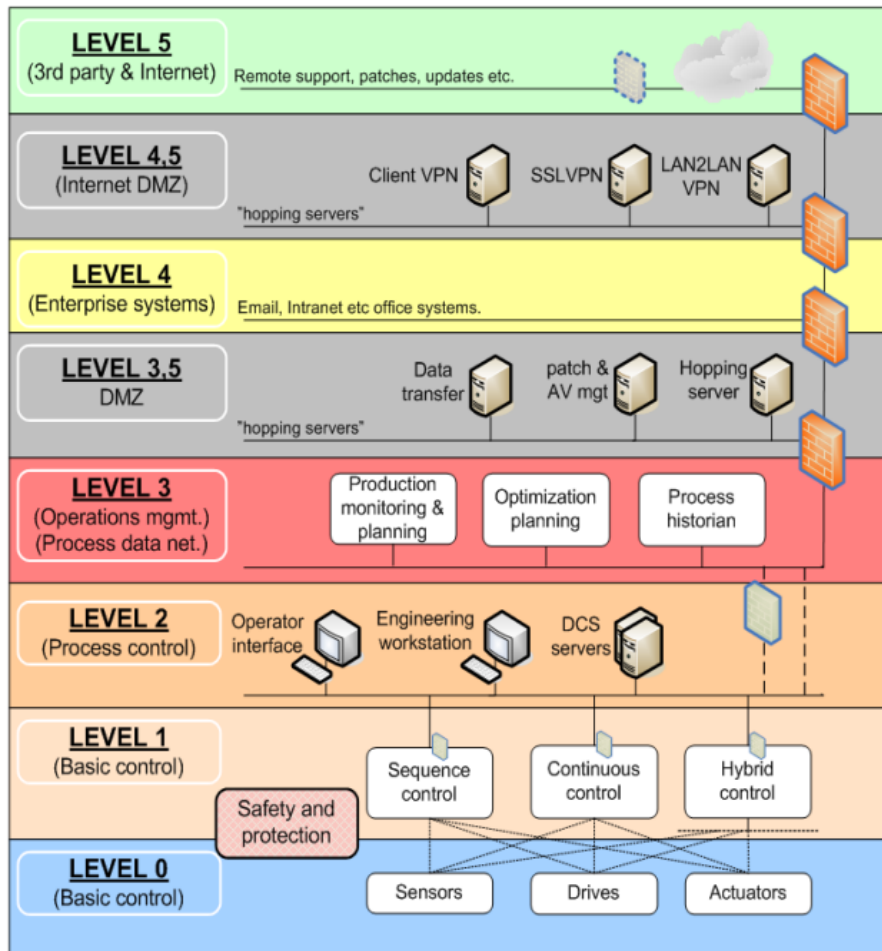
RMP:n käyttämä Profinet-kenttäväylä pystyy kuljettamaan dataa pilveen, mutta se ei välttämättä ole paras tapa. Tällä hetkellä Profinet:a käytetään kuljettamaan dataa PLC-tasolla ja siitä OPC UA:lla esimerkiksi tietokantoihin tai ylemmille tasoille. Tulevaisuudessa kentälaitteissa saattaa olla oma OPC UA serveri, jolla voidaan dataa lähettää langattomasti pilveen, mikä muuttaa automaatiojärjestelmän hierarkiaa, kun laitteet pystyvät keskustelemaan minkä tahansa tason kanssa, kuten kuvassa 8 (Asmala, 2023a).



Kuva 8. Esimerkki OPC UA protokollan käytöstä kenttäväylässä (OPC Connect, 2023)

Tehtaissa tapahtuva kommunikointi eri tasojen välillä on alue, jossa OPC-arkkitehtuuri korostuu tehdasautomaatioissa. Perinteisesti teollisuuden automaatiojärjestelmät ovat olleet eristyksissä suljetussa verkossa, mikä on johtanut siihen, että tietoturva ei ole ollut keskeinen huolenaihe yrityksille. Kuitenkin teollisuuden verkottuminen on yleistynyt, ja Ethernet-verkkojen standardisoitujen käyttöönotto automaatiojärjestelmissä mahdollistaa eri järjestelmien helpomman integroinnin. Tämän kehityksen myötä tulee kuitenkin myös uusia tietoturvariskejä, joihin yritysten tulisi suhtautua entistä vakavammin. (Suomen Automaatioseura ry, 2010.)

Suunniteltaessa automaatioverkkoa, tärkeimpiä tekijöitä ovat verkon segmentointi ja liikenteen rajoittaminen, kuten kuvassa 9 esitetään. On tärkeää erottaa automaatioverkko yrityksen muusta verkosta tehokkaasti ja turvallisesti, jotta voidaan valvoa liikennettä eri segmenttien välillä. Liikenteen tulee kulkea vain yhtä reittiä pitkin, joka yhdistää automaatio- ja tehdasverkon. Tämä auttaa varmistamaan tehokkaan liikenteen valvonnan. (Suomen Automaatioseura ry, 2010; Sipilä, 2019, s. 24.)



Kuva 9. Tietoturva automaatioympäristössä (Huhta, 2017)

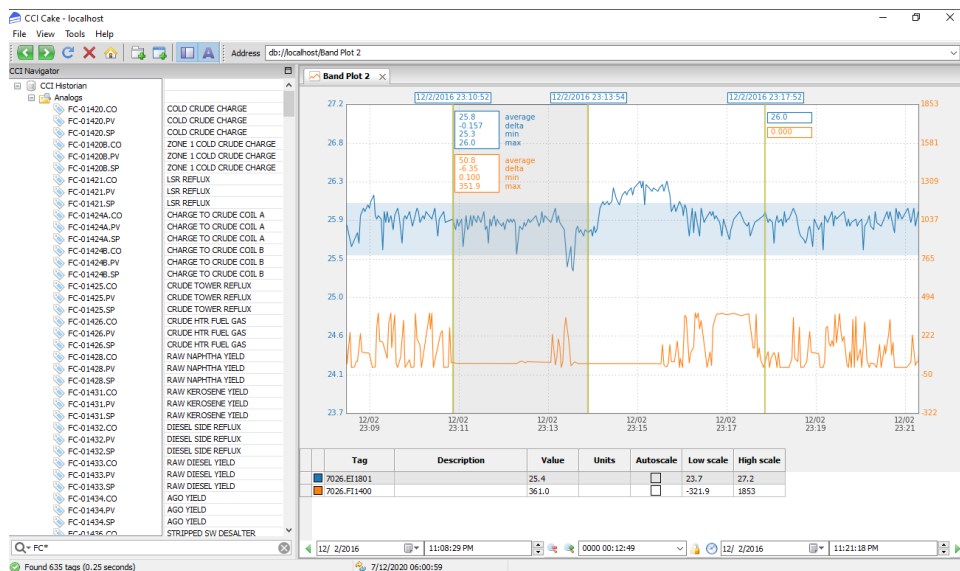
3.5.4 Datahistoroitsijat

Datahistoroitsijat ovat ohjelmistoja ja/tai laitteita, jotka tallentavat ja arkistovat tietoja automatisoiduista järjestelmistä (C3.ai, 2023). Niitä käytetään monilla eri teollisuuden aloilla, kuten auto-, lentokone-, lääke- ja energiateollisuudessa seurantaan, analysointiin ja raportointiin. Datahistoroitsija tallettaa ja järjestää

tiedot tietokantaan, josta niitä voidaan hyödyntää myöhemmin analysointiin ja raportointiin. Tämä auttaa ymmärtämään järjestelmän toimintaa ja mahdollistaa tehokkaan päätöksenteon ja parannuksen. (Eren, 2012, s. 2.)

Datahistoroitsijat koostuvat kahdesta osasta. Datan keräyksestä ja sen käytöstä. Datahistoroitsija voidaan asettaa esimerkiksi niin, että se tallentaa dataa jokaisella PLC:n syklillä, jokaisesta PLC:n tagista – tässä on tosin mahdollisuus tiedonsiirron nopeuden aiheuttamaan pullonkaulaan – tai sitten niin, että vain haluttuja tageja seurataan ja tallennetaan, vain kun ne ylittävät tietyn kynnyksen. Mahdollisuuksia on monia. Kun dataa on kerätty tarpeeksi, voidaan sitä alkaa hyödyntämään. (AVEVA, 2020, s. 36.)

Datahistoroitsijan toista osaa toteutetaan erilaisilla käyttöliittymillä. Riippuen datahistorian kehittäjästä, sillä voi olla monia hyödyllisiä toimintoja. Yleisin on alla olevan kuvan 10 mukainen trendikaavio, josta pystytään seuraamaan järjestelmän tagien muuttumista aikajanalla. Pelkästään tätä seuraamalla ja analysoimalla pystytään järjestelmästä poistamaan poikkeavuuksia. Datahistoroitsija voi esimerkiksi lähettää hälytyksiä, kun tietty tagi ylittää tietyn arvon tai kun jokin tagi siirtyy ON-tilaan. (Inductive Automation, 2021.)

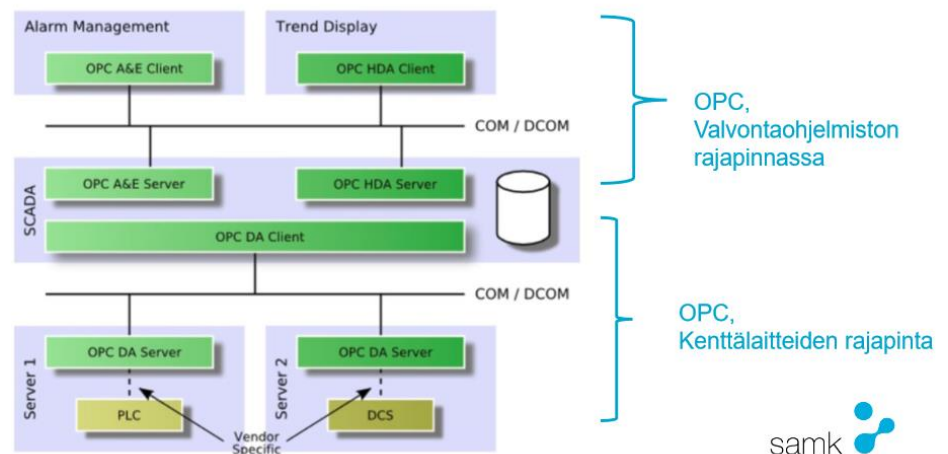


Kuva 10. Esimerkki datahistoroitsijan käyttöliittymästä (CCI, 2023)

3.6 OPC CLASSIC

OPC on yhteensopivuusstandardi turvalliselle ja luotettavalle tiedonvaihdolle teollisuusautomaatiossa ja muilla teollisuudenaloilla. Se on alustariippumaton ja varmistaa saumattoman tiedonkulun ja keskustelun useiden toimittajien laitteiden välillä. Se on ikään kuin tulkki laitteiden välillä. Se on palvelin/asiakas (server/client) pohjainen avoin ohjelmistorajapinta. Datahistoroitsija toimii tehtaan järjestelmässä asiakkaana ja PLC palvelimena. (OPC Foundation, 2022a.)

Standardin julkaisi OPC Foundation niminen organisaation ensimmäisen kerran 1996 OPC Classic:n muodossa. Sen tavoitteena oli tiivistää PLC:ssä käytettyjä protokollia, kuten Modbus ja Profibus, yhdeksi standardoiduksi käyttöliittymäksi. OPC protokolla kääntäisi laitekohtaiset luku- ja kirjoituskäskyt käskyjen kohteen omalle kielelle ja toimisi kuin tulkki laitteiden välillä. Standardin avulla ohjelmoitavat logiikat, käyttöliittymät, valvomosovellukset ja kenttälaitteet kommunikoivat vaivattomasti keskenään, kuten kuvassa 11. (OPC Foundation, 2022a.)



Kuva 11. Tyypillinen OPC-asiakas/palvelin käyttötapaus (Asmala, 2023b)

OPC Classic ei ollut kuitenkaan vielä täysin valmis. Classicin ongelmana oli sen rajoitettu käyttö, sillä sen käyttö perustui Microsoft Windows:n teknologiaan käyttäen COM/DCOM oliopohjaisia standardeja, joita Microsoft on myöhemmin vähentänyt käytöstään. COM- ja DCOM-olioiden konfigurointi

ja ylläpito on myös monimutkaista ja niiden tietoturvallisuudessa on puutteita. Täten OPC oli saatavilla vain Microsoft-pohjaisille järjestelmille ja niiden tietoturvallisuudessa oli puutteita. (Heikkilä, 2016, s. 11.)

OPC Classic on jaettu kolmeen päästandardimäärittelyyn teollisuuden eri vaatimuksiin perustuen. OPC Data Access (OPC DA) määrittelee datan kirjoittamisen ja lukemisen laitteiden välillä. OPC Alarms & Events (OPC AE) määrittelee hälytystyyppisten viestien vaihdon laitteiden välillä, sekä prosessihälytysten kuittauksen. OPC Historical Data Access (OPC HDA) määrittelee historiallisen, varastoidun, aikaleimatun datan ja analytiikan käsittelyn. Suurin syy OPC Classicin kehittymisen OPC UA:ksi oli juuri tämä Standardin kolmijakoisuus, joka hankaloitti sen käyttöä, sekä ongelmat palomuurien kanssa. (OPC Foundation 2022b; Asmala, 2023b.)

3.7 OPC UA

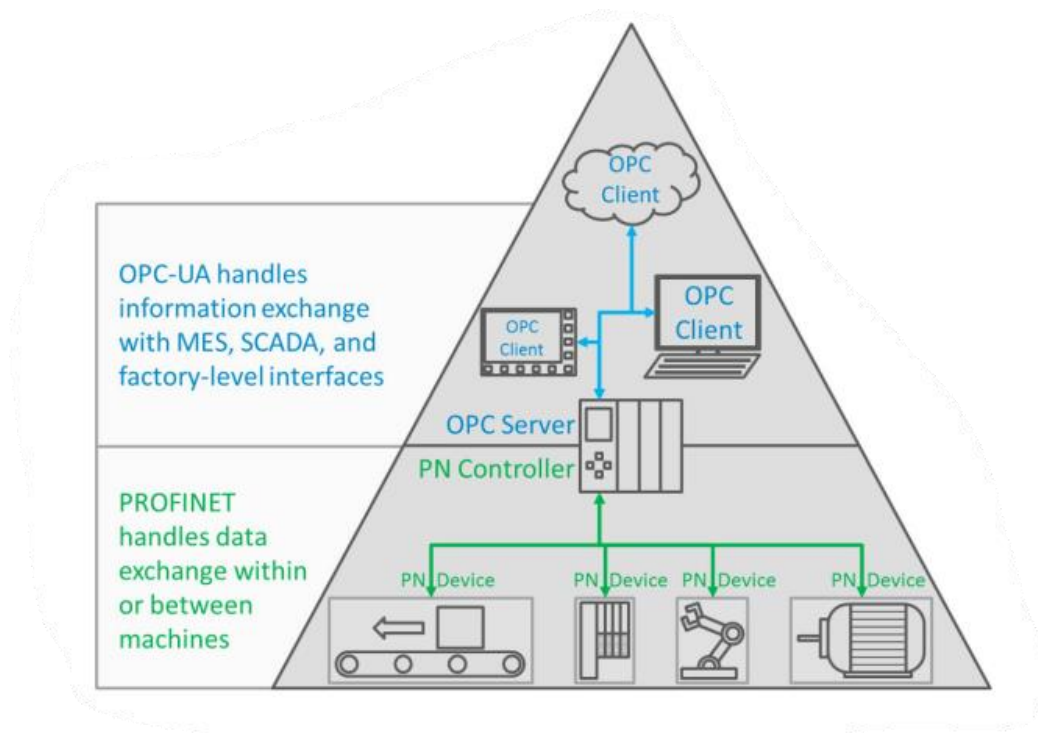
OPC Foundation julkaisi vuonna 2008 parannellun standardin nimeltä OPC Unified Architecture (OPC UA). Se korjasi monia Classicin ongelmia. OPC UA ei ole Microsoft Windows riippuvainen vaan toimii myös monilla muilla suosituilla alustoilla. Yksi standardi pitää nyt sisällään kaikki aikaisemmat ja täten korvaa kaikki Classicin standardit. (OPC Foundation, 2022b.)

OPC UA:n tärkeimpiä eroavaisuuksia OPC Classic -tekniikoihin ovat COM/DCOM standardin korvaavat tiedonsiirtotavat. OPC UA -sovellukset voivat välittää tietoja joko binäärisesti tai XML (Extensible Markup Language) -muotoon koodattuna. (Heikkilä, 2016, s. 14; OPC Foundation, 2022b; OPC Foundation, 2023b.)

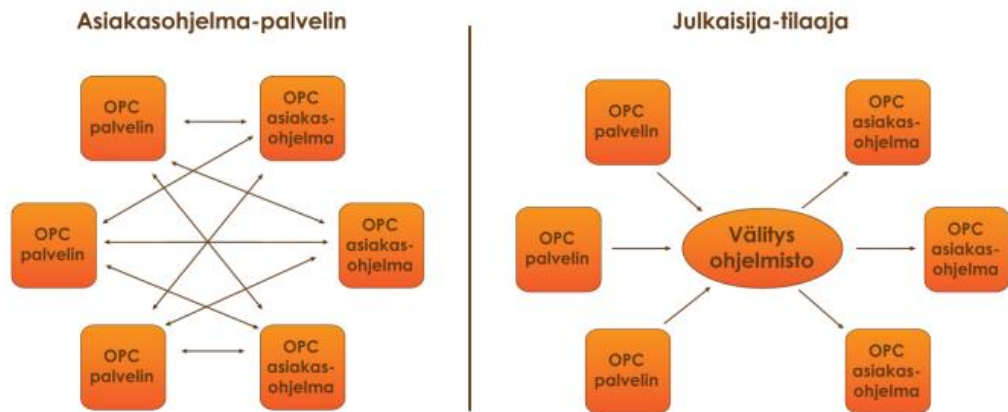
OPC UA:n uusi tiedonsiirtomenetelmä on myös tietoturallisempi sillä aikaisemmat palomuurivaivat ovat selätetty. OPC UA on kaikinpuolin paranneltu ja monipuolisempi versio OPC Classicista, eikä syytä käyttää OPC Classicia UA:n sijasta ole. OPC UA:n avulla voidaan esittää yksinkertaista ja monimutkaista dataa sekä tietoa kuvaavaa tietoa eli niin sanottua metadattaa,

mikä ei ollut mahdollista vielä OPC Classic:ssa. OPC UA pystyy hyödyntämään myös julkaisija/tilaaja (pub/sub) pohjaista rajapintaa. (OPC Foundation, 2022c.)

Kuvassa 12 havainnollistetaan Profinetin ja OPC UA:n sulautumista yhteen. Alla olevassa kuvassa 13 havainnollistetaan OPC UA:n mahdollistamaa Pub-Sub rajapintaa, jossa tietoliikenteen määrä vähenee huomattavasti.



Kuva 12. Profinetin ja OPC:n rajapinta (Asmala, 2023b)



Kuva 13. Esimerkki miten OPC UA:n Pub-Sub rajapinta vähentää tietoliikennettä (Sipilä, 2023, s. 16)

Onnistuneessa ohjelmistokehitysohjelmassa yksi tärkeimmistä tekijöistä on integraation toteuttaminen muihin järjestelmiin. OPC UA tarjoaa tehokkaan tavan ratkaista integraatiohaasteet moniin eri sovelluksiin, kuten HMI, SCADA, MES, ERP, seuranta, laadunvalvonta ja raportointi. Oma ohjelmaa kehittäessä halutaan usein palvella mahdollisimman monia asiakkaita ja tarjota korkealaatuinen tuote. Tämä voidaan saavuttaa helposti tarjoamalla OPC UA-standardiliitäntä omassa ohjelmistotuotteessa.

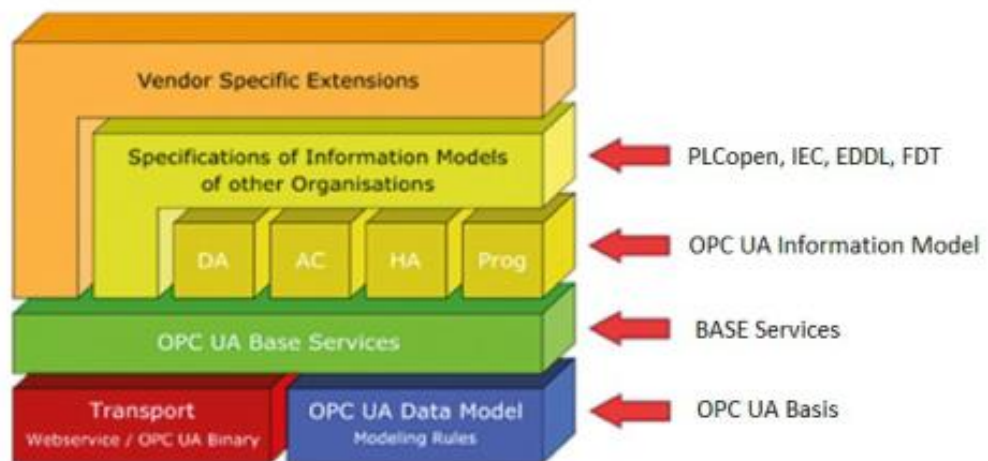
3.7.1 Informaatiomalli

OPC UA:n informaatiomalli on moniosainen. Vanhassa OPC:ssa saatavilla oli ainoastaan puhdas data (mitattu arvo, tunnistenimi ja yksikkö), mutta UA tarjoaa käyttäjälleen keinon tiedon semantiikan esittämiseen. (Heikkilä, 2016, s.14.)

“OPC UA:n kantainformaatiomalli tarjoaa kuitenkin pelkän infrastruktuurin tiedon mallintamiseen, mutta koska malli on vapaasti laajennettavissa, voivat kolmannet osapuolet, kuten esimerkiksi laitevalmistajat ja muut standardointiryhmät, lisätä omia mallejaan osaksi UA:ta. Informaatiomalli tukee olio-ohjelmoinnin (Object Oriented Programming) periaatteita, kuten esimerkiksi tiedon abstraktia esitystä (data abstracting) sekä uusien

luokkamäärittysten tekemistä vanhojen määrittysten pohjalta (inheritance)” (Heikkilä, 2016, s.14.)

OPC UA:n kanta (Base services) tarjoaa siis OPC UA spesifikaatiossa määritellyt palvelut, mutta tämän lisäksi siihen on liitetty neljä sisäänrakennettua informaatiomallia: Data Access, Alarms & Conditions, Historical Access ja Programs, kuten kuvassa 14 on esitetty. Näiden lisäksi eri organisaatiot voivat sovittaa omia tai standardoituja informaatiomalleja OPC UA:an. (Asmala, 2023b.)



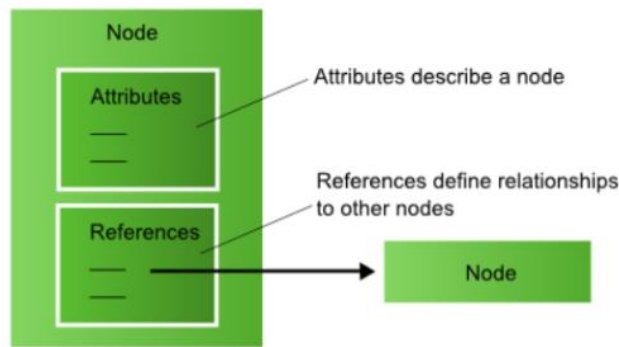
Kuva 14. OPC UA:n arkkitehtuuri (Manditereza, 2018)

3.7.2 Osoiteavaruus

OPC UA:n osoiteavaruus koostuu eri solmuista (node), esitetty kuvassa 15, joista jokainen kuuluu johonkin luokkaan, kuten olio-, metodi- tai muuttujaluokkaan. Näiden viittaukset (references) toisiinsa yhdistävät ne joukoksi dataolioita (tietopiste) ja nämä yhdessä muodostavat eräänlaiseen verkkomaisen rakenteen omaavaan hierarkkisen kokonaisuuden (full meshed network). (Asmala, 2023b.)

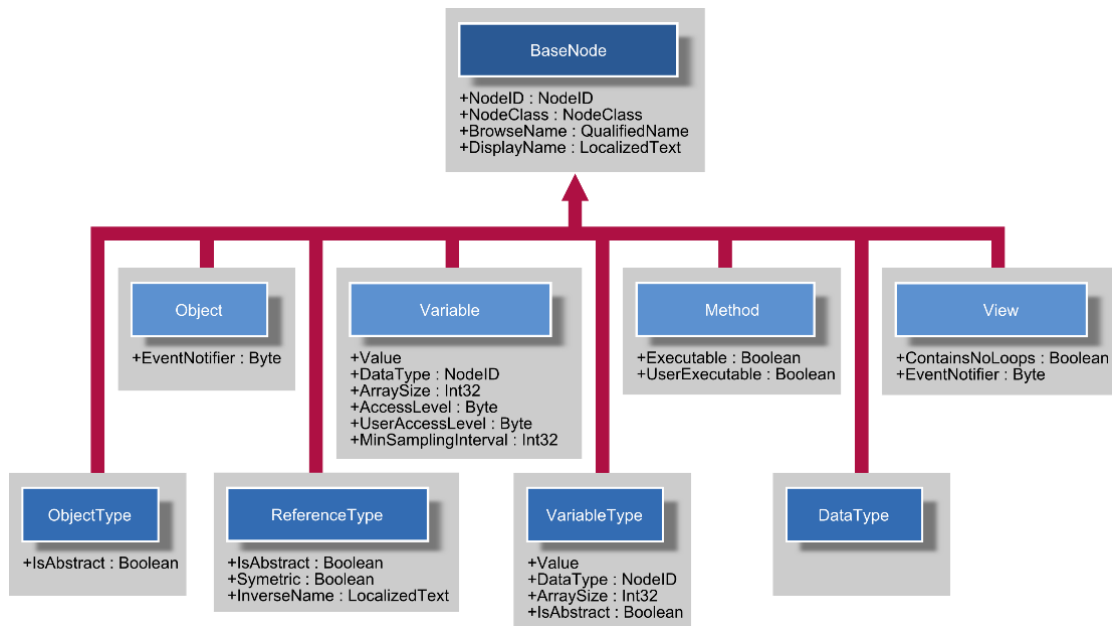
Yksittäinen solmu voi olla osa erilaisia rakenteita eli sama tieto voi olla saatavilla osoiteavaruudessa eri tavoilla eri käyttötapauksia varten. OPC UA

määrittelee kahdeksan solmuluokkaa, jotka on esitetty kuvassa 16. OPC UA on rakennettu kuitenkin siten, että käyttäjä voi itse luoda solmuluokkia lisää. Luokat antavat solmuille niiden attribuutit ja viittaukset, mutta tietyt perusmääritelmät ovat samoja kaikilla solmuilla. Tärkeimmät solmutyypit ovat objekti ja muuttuja. (Asmala, 2023b.)



Kuva 15. OPC UA:n osoitemalli (Unified Automation, 2023)

OPC UA:n osoiteavaruus mahdollistaa dynaamisen luomisen ja hallinnan datalle. Tämä mahdollistaa esimerkiksi laitteiden, prosessien ja tietoarvojen esittämisen standardoidulla ja yhtenäisellä tavalla. Osoiteavaruus tukee myös mukautettujen tietotyyppien ja tietorakenteiden käyttöä, joka mahdollistaa ainutlaatuisten tietojen esittämisen. Tämä tarjoaa joustavan ja skaalautuvan perustan teollisuusautomaation järjestelmien tiedon esitykselle. (Peltokangas & Käsäkoski, 2017, s. 8.)

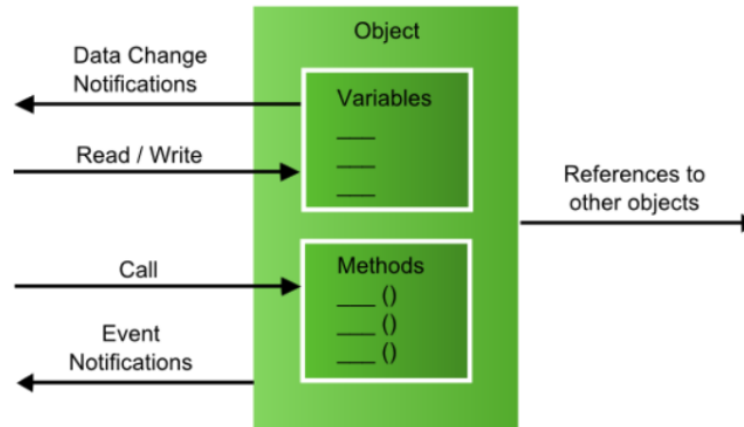


Kuva 16. OPC UA:n solmuluokat (OPC Foundation, 2023a)

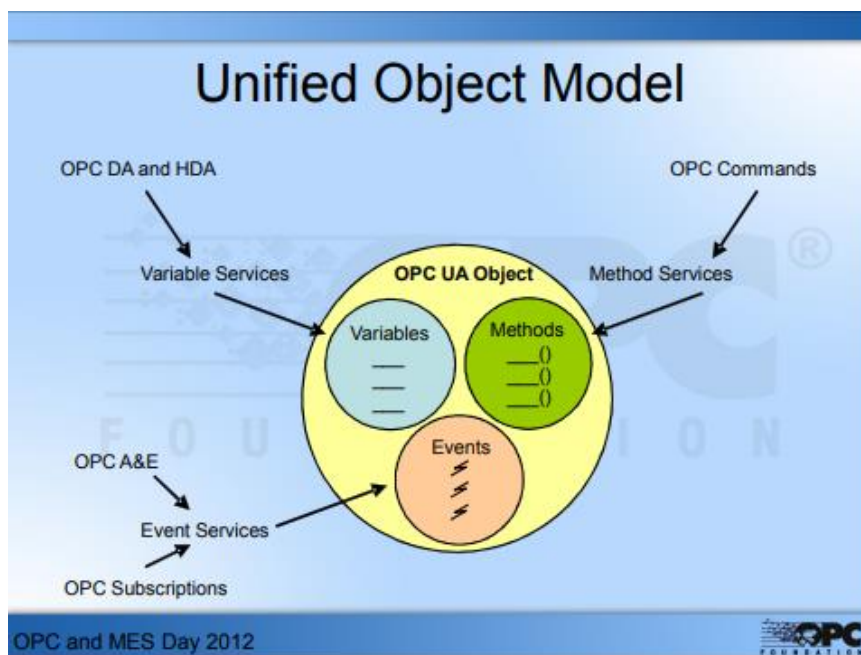
3.7.3 Oliomalli

OPC UA:n OOM:a (Object-oriented-model) eli oliomallia käytetään järjestelmän tietomallin määrittelyyn, mikä tarjoaa standardoidun esityksen järjestelmän tiedoista. Tämä mahdollistaa yhteensopivuuden eri järjestelmien välillä ja helpottaa tiedon luettavuutta ja käsittelyä useilla sovelluksilla. (Heikkilä, 2016, s. 14.)

Oliomallia käytetään OPC UA- palvelimella olevan osoiteavaruuden rakenteen kuvaamiseen dataolioina eli objekteina. Objektit sisältävät muuttujia (variables), menetelmiä (methods) ja tapahtumia (events), ja ne voivat myös viitata toisiin olioihin. Muuttujat kuvaavat esimerkiksi laitteen kirjoittamaa arvoa, kun taas menetelmät eli metodit vastaanottavat ja lähettävät käskyjä. (Heikkilä, 2016, s. 15.) Näitä objekteja on kuvattu kuvissa 17 ja 18.



Kuva 17. Objektimalli (Unified Automation, 2023)



Kuva 18. Objektimalli kuvattuna toisin (Suomen Automaatioseura ry, 2010)

3.7.4 Profiilit

OPC UA:lla on monia käyttötarkoituksia, jolloin sovelluksilta vaaditaan eri asioita. Toiset sovellukset haluavat käyttää sulautetun laitteen historiatietoa ja toiset taas vain reaaliaikaista tietoa. Tätä varten on kehitetty profiileja, jotka

määrittävät sovellusten toiminnallisuudet. Profiileja on olemassa neljässä eri kategoriassa: palvelin-, asiakas-, tietoturva- ja siirtoprofiilit. Profiilit voivat sisältää itsensä sisällä muitakin profiileja. (Heikkilä, 2016, s. 26.)

OPC UA -sovelluksissa määritellään käytettävät toiminnot profiilien avulla. Nämä profiilit testataan OPC-säätiössä, sillä sovelluksen tulee pystyä tarjoamaan ne toiminnot, joita se ilmoittaa profiilissa tukevansa. Profiilien avulla ihmiset voivat valita oikeanlaisia laitteita ja ohjelmia, ja sovellukset voivat käyttää samoja profiileja keskenään. Jos vastapuoli ei tue jotakin tarvittavaa toimintoa profiilinsa mukaisesti, yhteyttä ei hyväksytä. (Keiski, 2016, 29.)

3.7.5 Suorituskyky

OPC UA suorituskykyä tarkastellessa tulee huomioida tiedonsiirtonopeuden lisäksi myös kuorman määrä ja resurssivaatimukset järjestelmältä. Toisissa järjestelmissä tiedonsiirtonopeus ei ole yhtä tärkeää kuin datan tehokas käsittely. Esimerkiksi pieni resurssin tarve korostuu sulautetuissa järjestelmissä, joissa dataa lähetetään pieniä määriä lyhyissä intervaleissa. OPC UA käyttää monia siirto- ja koodausmenetelmiä, jotta se olisi helposti sovellettavissa ja skaalattavissa, ja tämän takia suorituskyky vaihtelee käyttötarkoituksen mukaan. Tämän lisäksi suorituskykyyn vaikuttaa määritelty tietoturvasaso sekä käytettävä laitteisto. (Heikkilä, 2016, s. 40.)

Heikki Tahvanainen on tutkinut ja kuvannut OPC UA:n suorituskykyä kuvassa 19 ja todennut seuraavan; OPC UA:n suurin pullonkaula on sitä käyttävä järjestelmä. Tahvanaisen tutkielmassa vuonna 2016 vertailtiin tehokkaan tietokoneen ja pienen sekä heikkotehoisen Rasperry Pi:n suorituskykyä. Tehokkaan tietokoneen OPC UA-testin tulokset olivat oletusten mukaisesti paremmat, mutta tulokset olivatkin moninkertaisesti paremmat. Suurimmat suorituskyvyn muutokset havaittiin järjestelmän komponenttien eroissa. Voidaan siis todeta, että järjestelmän laitteiston tehon olevan tärkein asia OPC UA:n suorituskykyä tarkastellessa. (Tahvanainen, 2016, s. 33.)

7 Results

7.1 Elapsed time results

Modern PC hardware usually contains hardware-accelerated encryption. However, not all devices support such features. The purpose of this test case was to find out what kind of performance could be expected from different hardware platforms. We compared the following computers:

- Dell laptop, OS Windows 8.1 64-bit, Intel Core i7 @2.70GHz, 8 GB RAM memory and SSD drive.
- Raspberry Pi, OS Raspbian Linux, 700 MHz single-core ARM, 512 MB RAM memory and SD card as a storage.

The Dell laptop contains hardware-accelerated encryption whereas the Raspberry Pi does not have this feature. The average results of profiling the time used to encrypt a single OPC UA chunk at a given platform are shown in table 9. The most interesting thing in practice is not the absolute time but the relative difference between the devices. We see that on the Raspberry Pi platform the encryption takes approximately 20 times more time than on normal modern PC hardware.

Table 9: Average time to encrypt a single request value.

Platform	Milliseconds
Laptop	0.19
Raspberry Pi	3.87

Kuva 19. Tahvanaisen testitulokset (Tahvanainen, 2016, s. 33)

Seuraavaksi isoin pudotus OPC UA:n suorituskyvyssä on enkryptauksen eli salauksen käyttö, kuten kuvassa 20 on esitetty. Verrattaessa allekirjoitettua pyyntöä ja salattua allekirjoitettua pyyntöä, salaamaton pyynnön ajallinen kesto on noin 40 % vähemmän kuin salatun. Allekirjoitus itsessään ei tuota vielä suurta suorituskyvyn pudotusta. (Tahvanainen, 2016, s. 35.)

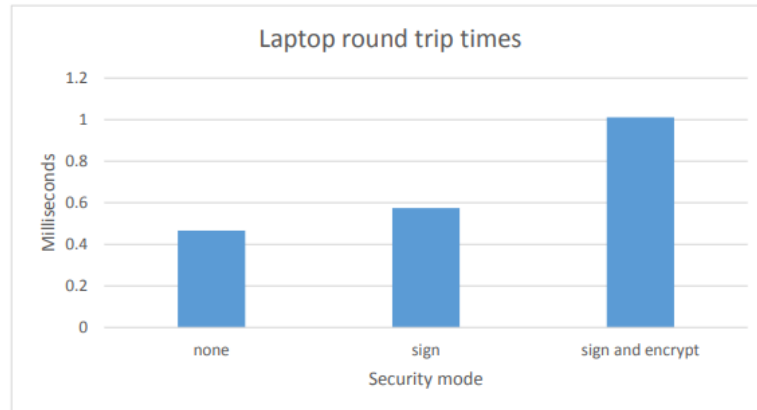


Figure 8: Average round-trip time with laptop and byte array of length 10.

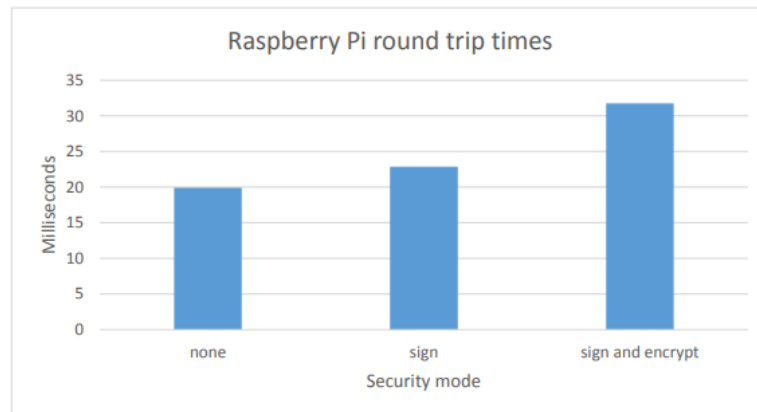
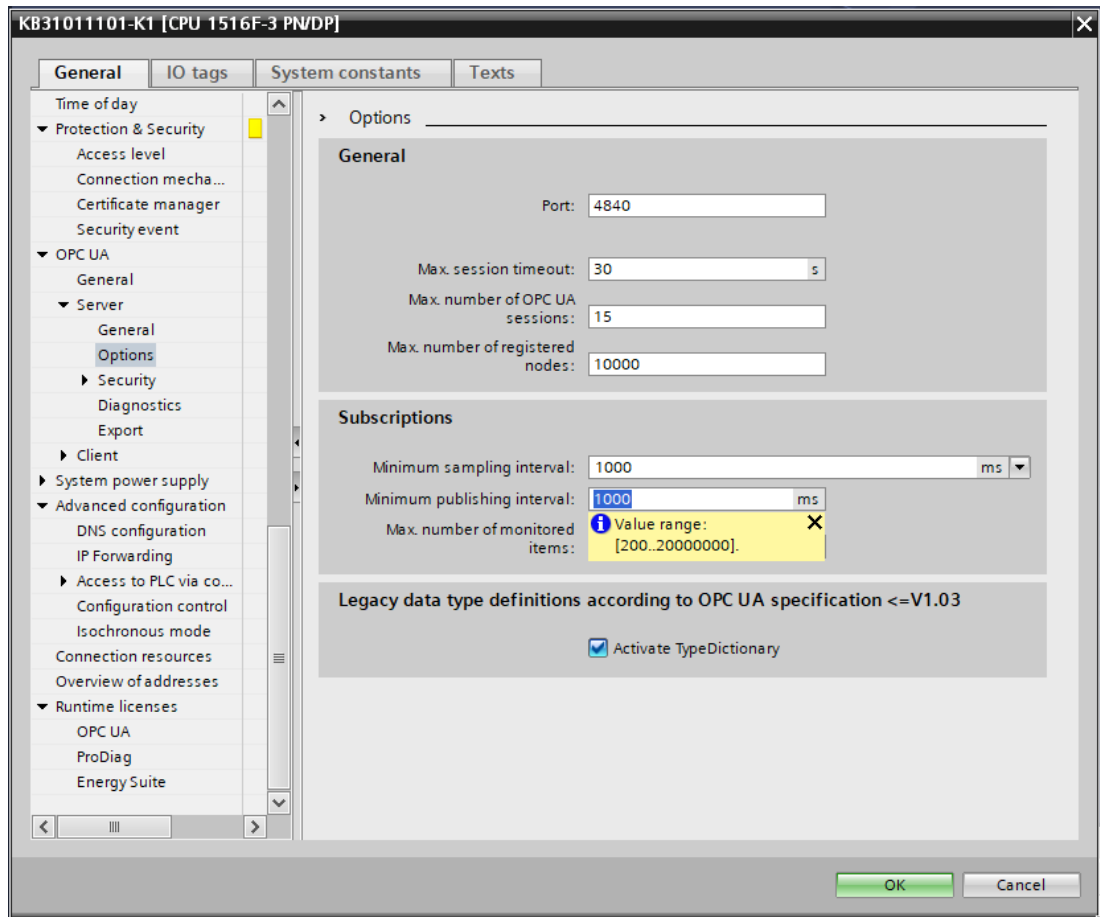


Figure 9: Average round-trip time with Raspberry Pi and byte array of length 10.

Kuva 20. Tahvanaisen testituloksia 2 (Tahvanainen, 2016, s. 34)

Osassa Siemensin 1500 logiikoissa on itsessään jo pullonkaula. TIA Portalista pystyy valitsemaan lähetysten tiheyden, mutta tämän arvon pystyy asettamaan alimmillaan vain 200 millisekuntiin tietyissä CPU-malleissa, kuten kuvassa 21 on esitetty. Vaikka datahistoroitsija pyytäisikin arvoja 1ms välein, ei Siemensin logiikka pysty päivittämään tietoja niin nopeasti. Uusimmissa CPU:issa tämä arvo on laskenut jo 10 millisekuntiin. (Siemens, 2023b.)



Kuva 21. Itse otettu näyttökuva S7-1516 CPU:n OPC UA asetuksista (Tia Portal, 2023)

3.7.6 Tietoturva

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, tehtaiden väyläinfrastruktuurin nykyaikaistuminen tuo uusia tietoturvauhkia. Automaatioverkko on osa yrityksen koko verkkoinfrastruktuuria, joka mahdollistaa pääsyn koko automaatiojärjestelmään. Verkko on alttiina erilaisille haittaohjelmille, jotka voivat vaarantaa koko yrityksen tietoturvan mukaan lukien liiketoiminnan, ympäristön ja jopa ihmisten terveyden. Tämä riski kasvaa, kun teollisuusautomaatio liitetään suoraan pilvipalveluihin ja laitteet keskustelevat reaaliaikaisesti keskenään. (Sipilä, 2019, s. 21.)

OPC UA tarjoaa turvallisen väylän tietojen siirrolle, joka suojataan salaamalla ja varmistamalla tiedon eheys digitaalisella allekirjoituksella. Käyttäjät ja

sovellukset tunnistetaan ja käyttöoikeuksia rajoitetaan, jotta estetään tietoturva- ja kuormitushyökkäykset. OPC UA -sovellukset tallentavat tapahtumia, jotta niitä voidaan tarkistaa ja varmistaa niiden kiistämättömyys. Tietoturva on ollut tärkeä tekijä OPC UA:n kehittämisessä, ja siksi siihen on sisällytetty vastatoimenpiteet kaikenlaisia tietoturvauhkia vastaan. (Sipilä, 2019, s. 25.) Kuvassa 22 ilmenee, miten OPC UA toteuttaa tietoturvaa.

	Todennus	Pääsynvalvonta	Luottamuksellisuus	Eheys	Varmennettavuus	Saatavuus	Kiistämättömyys
Palvelunesto- hyökkäys						✓	
Salakuuntelu	✓	✓	✓				
Viestihujaus		✓					
Viestin muuntaminen	✓	✓		✓	✓		✓
Viestin toisto	✓	✓					
Epämuodostuneet viestit						✓	
Palvelimen profilointi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Järjestelmän kaappaus	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Väärennetty palvelin	✓	✓	✓		✓	✓	
Käyttäjätietojen kaappaaminen	✓	✓	✓				
Kiistäminen							✓

Kuva 22. Miten OPC UA toteuttaa tietoturvaa (Sipilä, 2019, s. 25)

3.8 OPC UA tuki valmistajilta

Isojen automaatiojärjestelmien tuotteiden valmistajien halukkuudesta tukea ja kehittää OPC:ta kertoo OPC Foundation organisaation jäsenten ja hallituksen lista, mistä löytyy ihmisiä, jotka ovat esimerkiksi Siemens:n, Honeywell:n, Beckhoff:n ja Microsoftin työntekijöitä. (OPC Foundation, 2022d.)

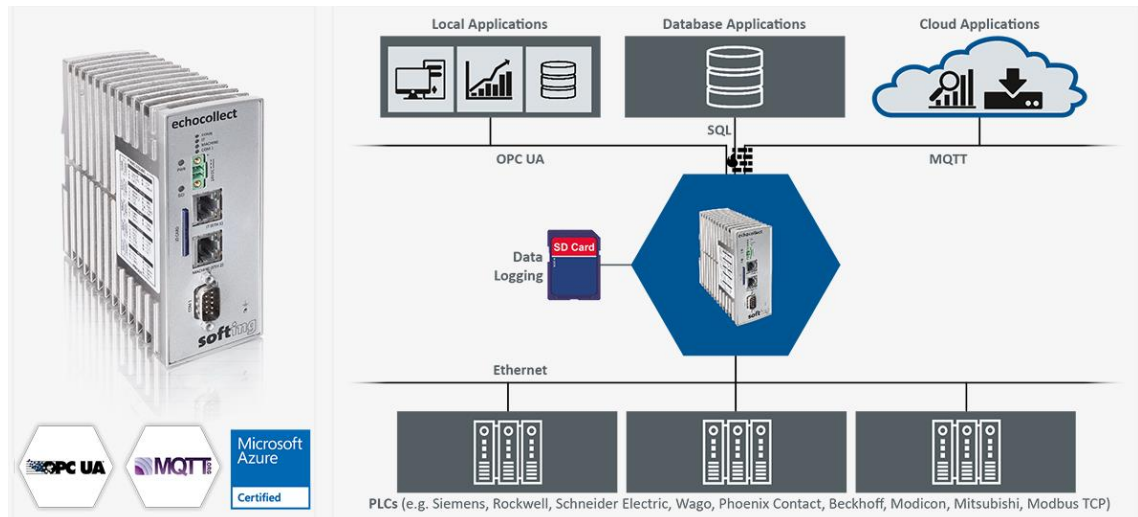
Nykyään automaatioteollisuuden laitteiden valmistajilla alkaa olemaan hyvä tuki valmiina OPC UA:lle, mutta välillä vastaan saattaa tulla vanhoja laitteita,

joissa esimerkiksi ei ole integroitua OPC UA serveriä. Tällaisia tilanteita varten on olemassa laitteita, jotka yhdistävät järjestelmän OPC UA serveriin. Esimerkiksi alla olevan kuvan 23 IBH-LINK, joka toimii yhdyskäytävänä automaatiojärjestelmän ja OPC UA kommunikoinnin välillä. Kuvassa 24 on esitetty IBH-LINK:n integrointi automaatiojärjestelmään. Laitteen konfiguroinnin pystyy suorittamaan sen omalla sovelluksella tai esimerkiksi Siemensin TIA Portalilla. (IBH Softech GmbH, 2023.)



Kuva 23. IBH-LINK (IBH Softech GmbH, 2023)

Softing:n Echocollect tarjoaa IBH-LINK:n lisäksi HTML5-pohjaisen visuaalisen käyttöliittymän ja datan loggaamisen mahdollisuuden (Softing Industrial Automation GmbH, 2023).



Kuva 24. Esimerkki Softing:n laitteen liittamisestä verkkoon (Softing Industrial Automation GmbH, 2023)

3.9 OPC UA tulevaisuus

Monet yritykset, kuten esimerkiksi ABB, SEW-EURODRIVE ja General Electric tukevat OPC UA:n käyttöä Time-Sensitive Networking (TSN) standardia yleisenä rajapintana teollisuuden järjestelmien ja IIoT-yhteyden eli pilven väliin. Tarkoituksena on saada yleiseen käyttöön standardit, joiden avulla eri laitevalmistajien laitteet toimisivat keskenään paremmin. Aiemmin automaatoratkaisuja on pyritty erittelemään niin, että vain saman laitevalmistajan tuotteet toimivat keskenään. Tämä on rajoittanut innovaatiota, sillä loppukäyttäjät tai asiakkaat eivät ole voineet hyödyntää automaatoratkaisujaan täyteen hyötyynsä. (Peltokangas & Käsäkoski, 2017, s. 10.)

Tätä korjatakseen monet yritykset ja OPC säätiö tukevat OPC UA TSN:ää tulevissa järjestelmäsukupolvissa. Tämän avulla riippumatta teollisuuden muodosta, kaikki tuotantolaitoksien järjestelmät integroida käyttäen vain yhtä alustariippumatonta ja turvallista standardia. Yritykset näkevät verkostoitumisen ja yhteisen rajapintojen tuomat uudet edut laajemmat liiketoimintamahdollisuudet. (Peltokangas & Käsäkoski, 2017, 10.)

Kun eri toimittajien ja toimijoiden järjestelmiä yhdistetään, asiakkaille voidaan tarjota kokonaisratkaisuja, jotka käyttävät standardoitua, luotettavaa, turvallista, skaalautuvaa ja alustariippumatonta teknologiaa. OPC Foundationin yli 400 jäsenen joukko takaa jatkuvan kehityksen. OPC UA:n kestävän ohjelmistokehityksen avulla projektit voidaan toteuttaa taloudellisesti ja tehokkaasti aikataulussa. (Peltokangas & Käsäkoski, 2017, s. 10.)

OPC UA on erinomainen ratkaisu ohjainten, laitteiden ja automaatiojärjestelmien väliseen kommunikointiin, ja se soveltuu hyvin mobiiliympäristöön sekä globaalien verkkojen ja tehtaiden väliseen tiedonsiirtoon. Sen kehitys on esimerkki toimialan valmistajien yhteistyöstä standardien pohjalta, ja tämä on johtanut avoimen, tietoturvallisen ja skaalautuvan protokollan kehittymiseen. Tietoturvallisuus on tulevaisuuden älykkäiden laitteiden pilviympäristöissä yksi suurimmista haasteista, ja OPC UA:n tietoturvamalli on suunniteltu vastaamaan tähän haasteeseen. Kuitenkin sen monimutkaisuus tarkoittaa, että sen käyttöönotto voi olla haastavaa ilman asianmukaista asiantuntemusta. OPC UA:n skaalautuvuus ja avoimuus kuitenkin tarkoittaa, että sen käyttö yleistyy tulevaisuudessa, ja turvallinen kommunikointi eri laitteiden välillä tarjoaa mielenkiintoisia mahdollisuuksia älykkäisiin tehtaisiin. (Sipilä, 2019, s. 30.)

4 TOTEUTUS

Lähdin etenemään tutkimuksessani etsimällä internetistä tunnetuimpia datahistorioitsijoiden kehittäjiä sekä kyselemällä muilta RMP:n automaatioinsinööreiltä, millaisia kokemuksia heillä on datahistorioitsijoista. Hyvin nopeasti kävi selväksi, ettei täysin RMP:n toiveita vastaavaa järjestelmää ole saatavilla. Monet tarjolla olevista järjestelmistä olivat hyvin laajoja MES-, ERP- ja SCADA-sovelluksia, joiden pienenä osana oli myös datan tallennus, mutta vain hyvin alkeellisella tasolla. Järjestelmät on suunniteltu ensikädessä tuotannon tarkkailuun eikä ongelmien ratkomiseen käyttöönotossa. Yksi RMP:n toiveista oli yksinkertainen ja helppokäyttöinen ohjelma, jonka käyttö ei hidasta tai rasita käyttöönottoa. Monen suosituimman ohjelman käyttöönotto itsessään tuottaisi liikaa työtunteja. Kun ohjelma saadaan käyttöön yhdessä projektissa, ei sitä voi suoraan ottaa käyttöön seuraavassa.

Tutkimuksen ongelmaksi nousi myös tiedonkeräyksen hankaluus. Halusin aluksi kokeilla ohjelmien käyttöä itse, mutta monien kehittäjien tuotesivut olivat vanhentuneet ja linkit demoversioiden lataukseen eivät toimineet. Laitoin kehittäjille sähköpostia, mutta vain harvasta sain vastauksia ja osasta sain vain automaattisen vastauksen, joka sisälsi kuolleita linkkejä. Osa kehittäjistä halusi varata ajan palaverille, jossa he kyselisivät firmamme tarpeista. Kun selitin heille, että olen opiskelija ja teen opinnäytetyötä, loppui monen mielenkiinto.

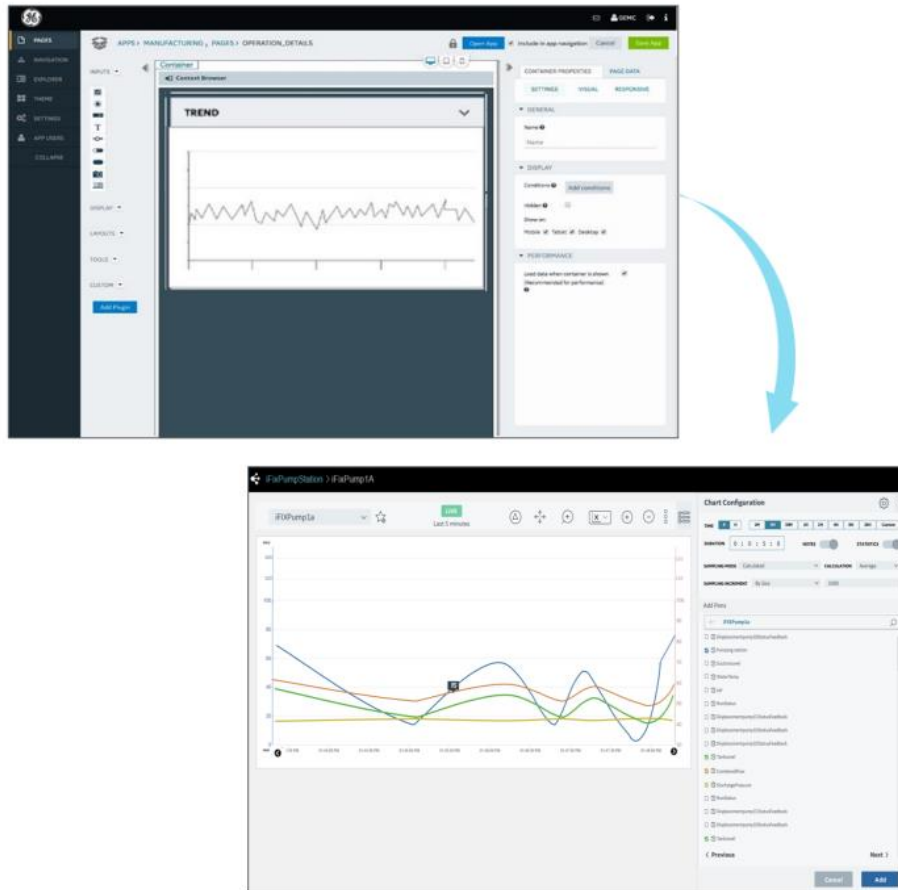
Tutkin siis internetin keskustelupalstoja ja haastattelin ihmisiä. Tästä sain kerättyä listan suosituimmista datahistorioitsijoista. Valitsin nettituloksista (sen enempää tutkimatta) sellaiset sovellukset, jotka kehittäjien mainostamien tietojen perusteella sopivat parhaiten RMP:n antamiin kriteereihin. Keräsin listan tuotteista, joita lähdin tutkimaan. Tämä lista käydään läpi seuraavissa kappaleissa. Kappaleissa käydään läpi jokaisen tuotteen peruseräite ja kehittäjien mainostamat ominaisuudet. Tiedot perustuvat siis kehittäjien nettisivuilta löytyvään dataan.

4.1 Proficy Historian GE

GE Digital tarjoaa kolmea eri ratkaisua datan tallentamiseen: Proficy Historian, Proficy Historian for Cloud ja Proficy Historian Edge. Kahden ensimmäisen välillä on eroa nimiensä mukaisesti pääasiassa vain datan tallennuksen loppusijoituksessa. Kolmas eroaa kahdesta ensimmäisestä enemmän, sillä se toteuttaa datan tallennuksen hieman eri tavalla. Tämän vaatimuksena on Linux:n käyttöjärjestelmä, joten siksi tätä vaihtoehtoa ei ole avattu tässä tutkielmassa tämän enempää. GE Digital tarjoaa myös mahdollisuuden etäseurantaan CIMPLICITY-ohjelmallaan. (GE Digital, 2019a, s. 3.)

4.1.1 Käyttöliittymä

Käyttäjät pystyvät analysoimaan dataa Proficy Operations Hub:n ja Historian Analysis run-time aplikaation avulla, jotka sisältyvät Historian Standard- ja Enterprise -lisenssiin. Kuten kuvassa 25 on esitetty, käyttäjät pystyvät vaihtamaan helposti simppelein ja informaatorikkaan näkymän välillä, mikä on hyvä RMP:n kannalta, koska informaatorikas näkymä on käytännöllisempi käyttöönottajalle, kun taas simppelele näkymä parempi vaihtoehto tehtaan operaattorille. (GE Digital, 2019a, s. 2.)



Kuva 25. Esimerkki Proficy:n käyttöliittymästä (GE Digital, 2019b)

Operations Hub on täysin muokattavissa ilma ohjelmointiosaamista laajan widget-kirjaston avulla, jolloin tuotetta voidaan yksilöidä käyttäjän tarpeen mukaan (GE Digital, 2023d).

4.1.2 Vertailu

Kuvassa 26 vertaillaan Proficyn ohjelmaa Avevan nykyisin omistaman OSI Soft yhtiön OSI PI ohjelmaan. Proficyn ohjelmaan sisältyy datan tallennus, ilmoitukset, trendien analysointi, Excel- lisäosat, SQL tietokantayhteys, OPC UA protokolla, etäyhteys. Kilpaileva yritys ei tarjoa näitä kaikkia ja osaa vain kalliimmalle lisenssille. (GE Digital, 2019b.)

Functionality	OSI PI	Proficy from GE Digital
Data archiving	✓	✓
Asset Modeling	Premium Option	✓
Notifications	Premium Option	Inc in Operations
Advanced calculations	✓	✓
Trend Analysis	Premium Option	✓
Excel Add-In	Premium Option (CAL)	✓
Process Displays	Premium Option	Premium Option
Batch Visualization	✓	✓
Reporting	Premium Option	Premium Option
Connectors & Interfaces	Premium Option	✓
GIS Integration	✓	✓
Business Analytics Integration	✓	✓
ERP Integration	✓	✓
SQL / OLEDB	✓	✓
Web Clients	Premium Option	Premium Option
OPC Servers	OPC-DA/HDA	OPC-DA/HDA, OPC-UA
Easy Installation	Not available	✓
SDK	✓	✓
APIs	✓	✓
Event Monitoring & Alert Management	Premium Option	Premium Option
Remote Collector Management	Not available	✓
AWS, Azure, Google, Alibaba Cloud, Connectivity	Premium Option	✓
Customer VPC AWS Deployment	Not available	✓

Kuva 26. Proficyn mainostamat ominaisuudet (GE Digital, 2019b)

Proficy Historian pystyy tallentamaan myös hälytyksiä ja tapahtumia, ominaisuus, joka varmasti tulisi käyttöön myös RMP:n projekteissa, sillä sen ohjelmissa on ohjelmoijan itse tekemät hälytykset, jotka on kommentoitu selkokielelle, joita loppukäyttäjänkin ymmärtää. Täten hälytyksien eteen ei tarvitse tehdä ylimääräistä työtä. Proficy tarjoaa myös HTML5-pohjaisia sovelluksia datan esittämiselle, minkä avulla tehtaan toimintaa pystyy seuraamaan miltä tahansa laitteelta, jolla on pääsy verkkoon. (GE Digital, 2019b.)

4.1.3 Ominaisuuksia

GE Digital (2023b) väittää olevansa muita kilpailijoita edellä datan kompressiossa. Tämä vaikuttaa datan siirtonopeuksiin, mikä on merkittävä tieto loppukäyttäjän kannalta, mutta ei niinkään RMP:n käytössä, sillä RMP:n käsittelemä datamäärä ei ole vielä kovinkaan suuri, jotta siirtonopeuksilla olisi merkitystä. GE Digital tarjoaa kolme eri lisenssiä: Essentials, Standard, Enterprise. Taulukon 1 mukaan Essentials:n voi sulkea pois vaihtoehdoista, sillä tähän ei sisälly Operations hub:a. (GE Digital, 2022b, s. 19.)

Taulukko 1. Proficy historian serveritietokoneen suositellut tiedot (GE Digital, 2019c)

Component	Essentials	Standard	Enterprise	Distributed
Server Functionality				
Data modification	Yes	Yes	Yes	Yes
Client Access Licenses (CALs)	2	2500	2500	2500
Cluster support	No	Yes	Yes	Yes
Collector redundancy	Optional	Yes	Yes	Yes
Horizontal scalability (data mirroring)	No	No	Yes	Yes
Data stores	5	10	20	20
Data stores expansion (200)	No	No	Optional	Optional
Digital / Enumerated / Array Tags	Yes	Yes	Yes	Yes
Distributed Historian	No	No	No	Yes
Electronic signatures	No	Optional	Optional	Optional
The Extract, Transform, and Load (ETL) tools	No	No	Yes	Yes
Fault-tolerant computer support	Yes	Yes	Yes	Yes
Maximum historical tags	1,000	50,000	20,000,000	20,000,000

Microsecond support	No	Yes	Yes	Yes
The OLE DB provider	Yes	Yes	Yes	Yes
The OPC Alarms and Events server	No	Optional	Yes	Yes
The OPC Classic HDA server	Yes	Yes	Yes	Yes
The OPC UA HDA server	No	Yes	Yes	Yes
The Historian server	Yes	Yes	Yes	Yes
Remote Collector Management	No	No	Yes	Yes
SCADA buffer (10000 tags, 200 days)	Yes	Yes	Yes	Yes
User-Defined multi-field tags	No	Yes	Yes	Yes
Client Functionality				
The Historian Model	No	Yes	Yes	Yes
The Historian Excel add-in	Yes	Yes	Yes	Yes
Historian Administrator	Yes	Yes	Yes	Yes
Operations Hub Freemium	No	Yes	Yes	Yes
The Web Admin console	No	Yes	Yes	Yes
Trend Client	No	Yes	Yes	Yes
Collector Functionality				
Aveva (Wonderware) Collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes
The Calculation collector	No	Available as a part of the Enterprise Collectors option	Yes	Yes
Collector Toolkit SDK	No	Yes	Yes	Yes
The CygNet collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes

Expressions	No	No	Yes	Yes
The File collector	No	Yes	Yes	Yes
The HAB collector	No	Yes	Yes	Yes
The iFIX collector	Yes	Yes	Yes	Yes
The MQTT collector	No	Yes	Yes	Yes
The ODBC collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes
The OPC Classic Alarms and Events collector	No	Optional	Yes	Yes
The OPC DA collector with the cloud option	Yes	Yes	Yes	Yes
The OPC Classic HDA collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes
The OPC UA Data Access (DA) collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes
The OSI PI collector with the cloud option	No	Yes	Yes	Yes
The OSI PI distributor	No	Yes	Yes	Yes
The Python collector	No	Available as a part of the Enterprise Collectors option	Yes	Yes
The Server-to-Server collector with the cloud option	No	Available as a part of the Enterprise Collectors option	Yes	Yes
The Simulation collector	Yes	Yes	Yes	Yes
The Windows Performance collector	No	Yes	Yes	Yes

Proficy Historian käyttää OAuth2 web token:ta valtuuttamaan ja todentamaan Windows Domain -käyttäjät ja -ryhmät tärkeimpien prosessitietojen

perusteella, mikä tekee järjestelmän tietoturvasta luotettavan (GE Digital, 2022b, s.109; GE Digital, 2022c).

Proficy Historian HD tarjoaa Big Data-ominaisuuksia Hadoop-alustalla. Hadoop on Apache Software Foundation:n avoimen lähdekoodin ohjelmisto suurien hajautettujen tietomäärien käsittelyyn. Projekti on kehitetty Big data käsittelyyn. Tämä kertoo kehittäjän halusta tehdä ohjelmasta pitkäikäinen, Big Datan tullessa yhä keskeisemmäksi käsitteeksi tulevaisuudessa. (GE Digital, 2016, s. 1; Lee, 2021).

Proficy Historian ETL (Extract, Transform, Load), joka sisältyy Enterprise-lisenssiin, tarjoaa erilaisia työkaluja isojen datamäärien keräämiseen. ETL:n avulla tietoja voidaan poimia erilaisista lähteistä, kuten tietokannoista ja muista tietolähteistä, ja muuntaa sitä vastaamaan Historian tietokannan vaatimuksia. Muunnetut tiedot voidaan sitten ladata Historian tietokantaan varastointia, analysointia ja visualisointia varten. ETL on kätevä silloin, kun dataa ei pystytä siirtämään jatkuvasti vaan kerralla isoja määriä. GE Digital esittää esimerkin, jossa 1,1 miljoonaa tagia seurattiin yhden vuoden ajan yhden sekunnin resoluutiolla (yhteensä 34,7 biljoonaa tietopistettä) ja datan keräys kesti ”vain” viikon. (GE Digital, 2019d, s. 1–2.)

Tietokoneen vaatimukset selviävät taulukosta 2 ja tagien määrän muutoksen vaikutus osien suosituksiin selviää taulukosta 3.

Taulukko 2. Proficy historian serveritietokoneen suositellut tiedot (GE Digital, 2023a)

Hardware Component	Standard Historian	Enterprise Historian, Data Mirroring
RAM	8 GB	16 GB or 32 GB (recommended)
Disk size	80 GB free hard-drive space	250 GB (minimum)
Processor type	Intel Core i3 or i5 or i7 CPU or an equivalent AMD Phenom CPU	Intel Core-i5, i7 family, or equivalent

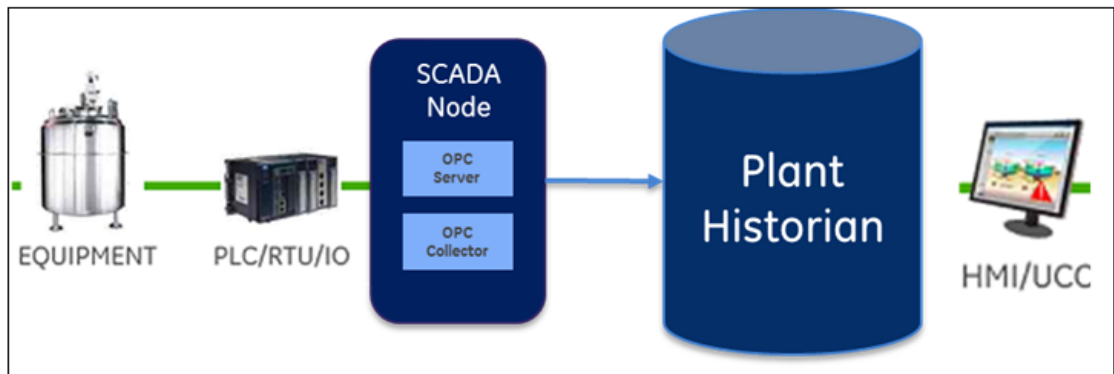
CPU		Dual/Quad cores
CPU speed	2.4 GHz	2.8 GHz
Recommended CPU clock	2.4 GHz	2.8 GHz
Storage type		SAS SSD with RAID Level 0 configured
Operating system		Microsoft® Windows® Server 2019 (64-bit)
		Microsoft® Windows® Server 2016 (64-bit)
		Microsoft® Windows® Server 2012 R2 (64-bit)
		Microsoft® Windows® 10 IoT (32-bit or 64-bit)
		Microsoft® Windows® 10 (32-bit or 64-bit)
		Microsoft® Windows® 8.1 Professional (32-bit or 64-bit)
Tags		Up to 50,000
Years of data online		1 year
Other requirements	A DVD-ROM drive.	
	100 Mbps TCP/IP-compatible network interface adapter for network communication and certain I/O drivers.	

Taulukko 3. Tagien määrän muutoksen vaikutus suositeltaviin osiin Proficy Historian järjestelmässä (GE Digital, 2023a)

Hardware Component	Less Than 10,000 Tags	10,000 to 50,000 Tags	100,000 to One Million Tags	One Million to Two Million Tags	Two Million to Five Million Tags
RAM (in GB)	8 GB/16 GB (recommended for a single node setup)	16 or 32	16 or 32	16 or 32	32 or 64
Disk Size (in GB)	100 or 250	250	250	500	500

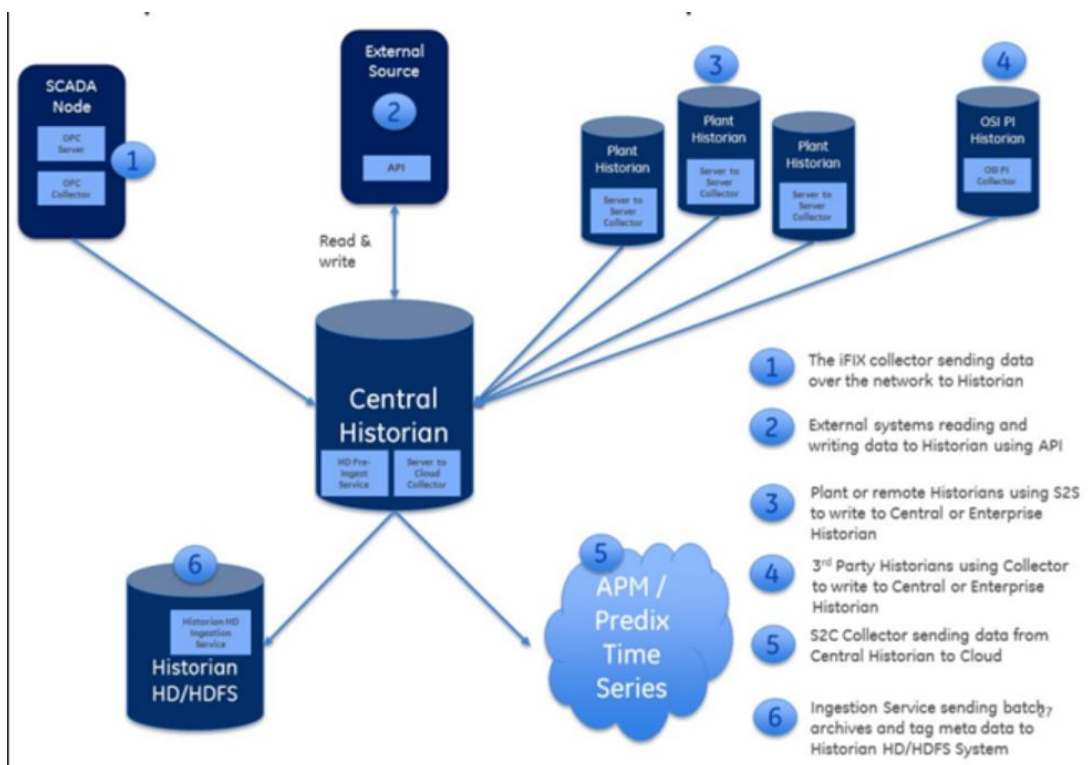
Processor Type	Intel Core-i5, i7 family, or equivalent	Intel Core-i5, i7 family, or equivalent	Intel Xeon (56xx, E5 family or AMD Opteron 42xx/62xx family)		
CPU	Dual/Quad core	Dual/Quad core	Dual/Quad core	2-socket	2-socket or 4-socket
CPU Speed (in GHz)	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6
CPU clock speed (in GHz)	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6
Storage Type	SAS SSD with RAID level 0 configured	SAS SSD with RAID level 0 configured	Direct-attached or shared storage with SAS enterprise class drives. Hardware RAID controller with cache memory. SAN recommended over NAS		High speed shared storage with SAS or SSD drive types. Hardware RAID controller with cache memory. SAN recommended over NAS.
Years of data online	1	1	1	1	1

Proficy Historian HDA serveri toimii alla olevan kuvan 27 mukaisesti datan puskuroijana, josta dataa ohjataan haluttuun HMI:hin, kuten esimerkiksi Proficy Operations Hub:lle. Näitä Operations Hub:ja voi olla useita. (GE Digital, 2022a.)



Kuva 27. Esimerkki datan puskuroinnista Proficy Historian HDA serverin avulla (GE Digital, 2022a)

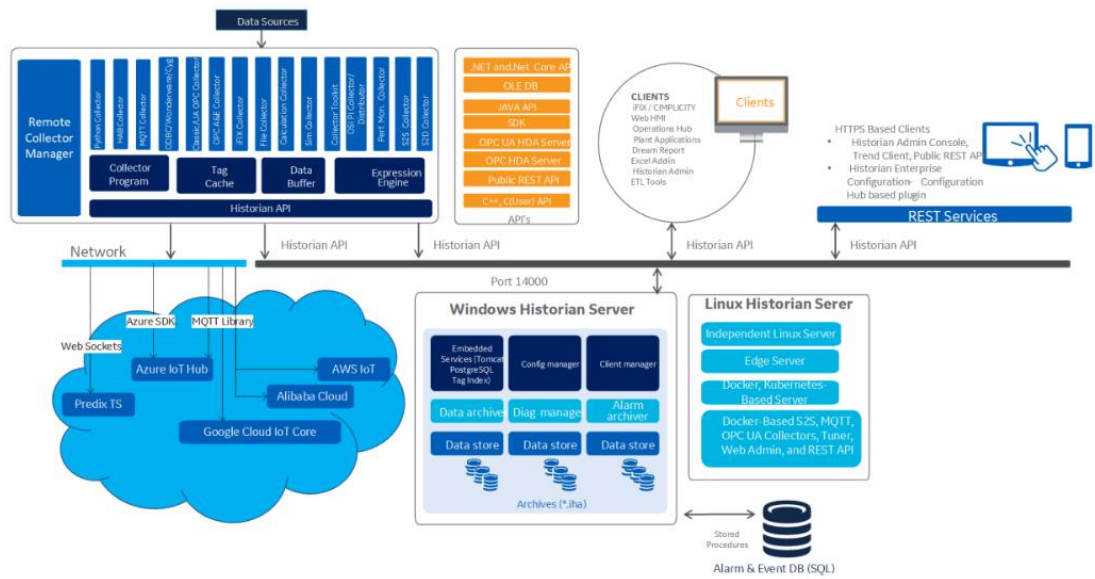
Isommissa järjestelmissä datan keruuta voidaan täten keskittää yhteen paikkaan kuvan 28 mukaisesti.



Kuva 28. Proficy Historian toiminnan keskittäminen isoimmissa järjestelmissä (GE Digital, 2022a)

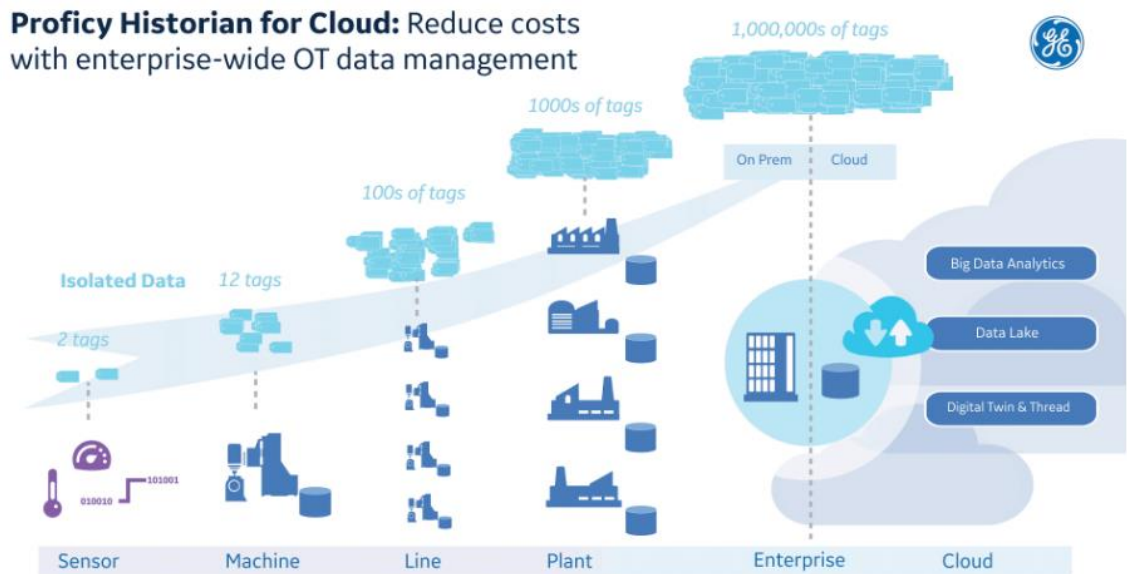
GE Digital on tehnyt ilmaisen “Get started”-ohjekirjan ja jakanut sen nettisivuillaan, mitä monet muut yritykset eivät tarjoa. Tätä tutkimalla RMP voi jatkaa ohjelman tutkimista ja tämän perusteella tehdä päätelmiä järjestelmän

sopivuudesta projekteihin. Kuvassa 29 on esitetty Proficy Historian järjestelmää.



Kuva 29. Esimerkki järjestelmästä, jossa hyödynnetään Proficy:ä (GE Digital, 2022b, s. 7)

Proficy Historian Cloud- versio on hyvin samanlainen pilvettömän version kanssa pois lukien nimensä mukainen tallennustapa. Parhaimmillaan pilvitalennus vähentää järjestelmän käyttöönoton ajallista kestoja ja rahallisia menoja. Tavallisessa versiossa tallennus katkeaa datatallennuspaikkojen käsittelyn tai päivityksen aikana, mutta cloud-versiolla järjestelmä pyörii taustalla itsenäisesti. (GE Digital, 2023c.) Ideaalilanteessa, tagitiedot ja muut bitit tulevat antureilta lähtien suoraan pilveen, kuten kuvassa 30 on havainnollistettu.

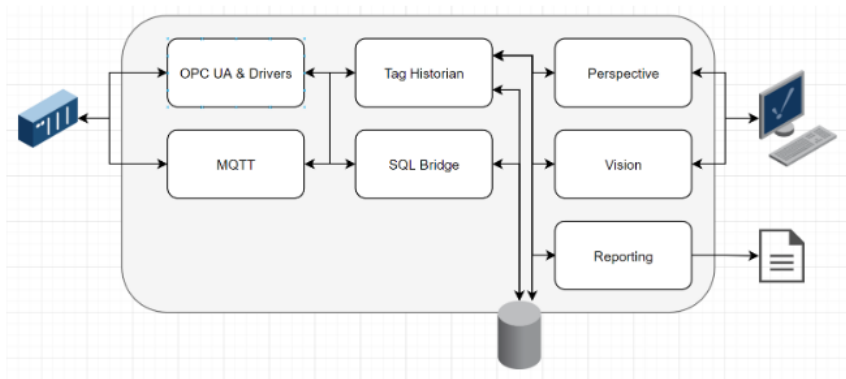


Kuva 30. Proficy Historian for Cloud (Ge Digital, 2023c)

GE Digitalin tuotteita kuten Proficy Historian:a on käytetty mm. auto-, lääke-, sähkö- ja lentoteollisuudessa tuotannon tehostukseen, seisokkien lyhentämiseen tai poistamiseen sekä kulujen vähentämiseen esimerkiksi seuraavissa yrityksissä: Coca Cola, USA; Whirlpool Co., Ltd., Kiina sekä New York City Transit (NYCT), USA (Ge Digital, 2023b).

4.2 Ignition

Inductive Automation tarjoama Ignition Historian on modulaarinen järjestelmä, johon voi liittää muita järjestelmiä. Pienin mahdollinen järjestelmä on itsessään tag historian, mutta yleensä tätä käytetään yhdessä muiden moduulien kanssa. Tyypillinen järjestelmä on esitetty kuvassa 31. Tag historian- moduuli pystyy tallentamaan dataa joko sisäiseen muistiin tai SQL-tietokantaan sekä myöhemmin hakea dataa varastosta ja suorittaa laskelmia sekä koosteita datasta. (Inductive Automation, 2021.)



Kuva 31. Tyypillinen Ignition Historian:ia käyttävä järjestelmä (Inductive Automation, 2021)

4.2.1 Datatallennus

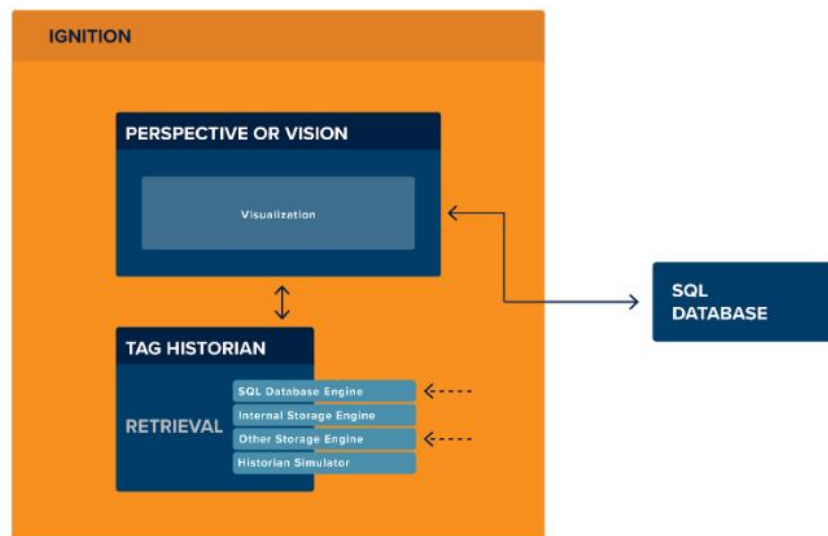
SQL Bridge- moduulia käytetään tapahtumapohjaisen datan ja metadatan tallentamiseen tietokantoihin. Tätä dataa voidaan tallentaa laatukoodien, aikaleimojen, tiedonsiirtonopeuksien ja muun metadatan kanssa, mutta vain SQL-tietokantoihin. Moduulissa itsessään on mahdollisuus muokata tietokantojen nimiä, otsikoita ja millaisilla triggereillä dataa tallentuu. (Inductive Automation, 2021.) Kuvassa 32 on esitetty datatallennuksen olennaisimmat moduulit.



Kuva 32. SQL Bridge-moduulin käyttö tietokantoihin tallennettaessa (Inductive Automation, 2021)

4.2.2 Datan visualisointi

Perspective ja Visualisation ovat Ignition järjestelmän visuaaliset moduulit. Ignition:n Perspective ja Vision tarjoavat hyödyllisen valikoiman sisäänrakennettuja työkaluja tietojen noutamiseen. Tag-historian osalta tämä sisältää Tag-historian sitomiset, tietolähteen tyyppin raportoinnin raportointimoduulille, automaattisen integroinnin joihinkin kaaviokomponentteihin sekä jonkin verran “drag and drop” - tyylistä konfigurointia suunnittelutyökaluissa. SQL-tietokantaan tallennettua tapahtumadataa varten Ignition:ssa on nimettyjä kyselyjä, jotka mahdollistavat haun mukaan lukien ehdot, päivämäärä- ja laatuvaatimukset sekä kaikki muut SQL-lausekkeiden sallimat asiat. (Inductive Automation, 2021.) Kuvassa 33 on esitetty Ignition:n yhteys tietokantaan.



Kuva 33. Ignition:n visuaaliset moduulit (Inductive Automation, 2021)

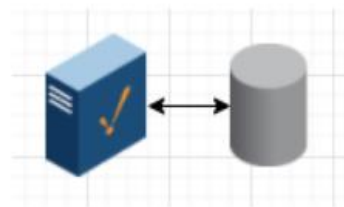
Kolmannen osapuolen järjestelmät, joilla on asianmukaiset turvallisuusluvat, voivat hakea dataa suoraan tietokannasta. Tag-historian datan osalta suositellaan, että ulkopuoliset järjestelmät hakevat tietoa Ignition:n API-rajapintojen kautta. Tällöin kaikki tietojen haku käy Ignitionin logiikan kautta,

joka tarjoaa interpoloinnin, aggregoinnin ja muita käsittelyjä, joita tarvitaan tag-datan noutamiseen. (Inductive Automation, 2021.)

On myös huomattava, että Ignitionin automaattisesti luodut tietokannat ovat täysin ja julkisesti dokumentoitu niille käyttäjille, jotka haluavat suoraan kysellä tauluista sen sijaan, että käyttäisivät suositeltua `queryTagHistory()` -funktiota. (Inductive Automation, 2021.)

4.2.3 Arkkitehtuurit

Ignition:n suorituskyky riippuu siitä, millaisen kokoonpanon järjestelmään se on kytketty ja mitä arkkitehtuuria käytetään. Kokoonpano voi olla yksinkertaisimmillaan yhden SQL-tietokannan ja Ignition-serverin välillä välillä, kuten kuvassa 35. Tämän kokoonpanon etu on sen yksinkertainen käyttöönotto ja pieni latenssi. Arkkitehtuuri on kuitenkin heikosti muokattavissa. (Inductive Automation, 2021.)

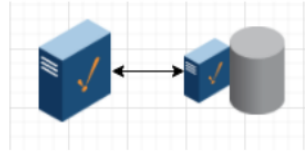


Server 1: Ignition

Server 2: SQL database

Kuva 35. Pienin mahdollinen järjestelmä (Inductive Automation, 2021)

Kuvan 36 kokoonpano on Ignitionin ja toisen Ignition:n välillä, joista toiseen on asennettu vain Tag historian- moduuli ja SQL-tietokanta. Tämän kokoonpanon etuna on nopea verkkoyhteys palvelimien välillä. Kokoonpano kestää myös viestintäongelmat, latenssin ja pakettihäviön hyvin. Tätä kokoonpanoa pystyy myös skaalaamaan suhteellisen helposti lisäämällä tietokantoja. (Inductive Automation, 2021.)

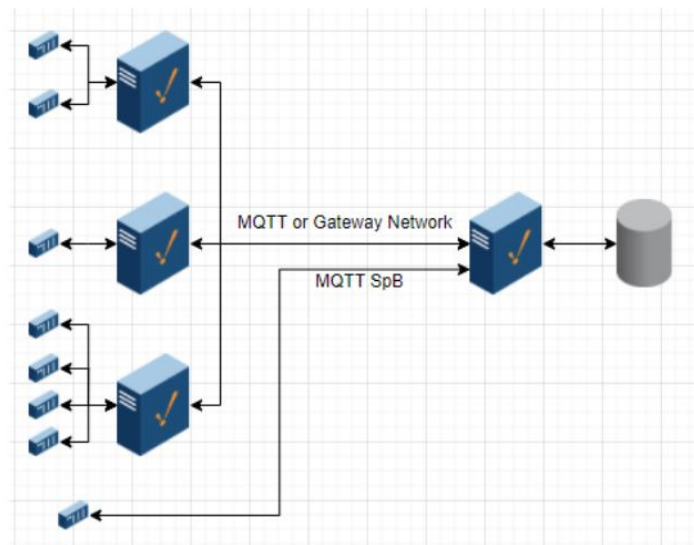


Server 1: Ignition

Server 2: Ignition with only Tag Historian Module, and SQL database installed on same server

Kuva 36. Järjestelmä, joka hyödyntää kahta Ignition serveriä (Inductive Automation, 2021)

RMP:n kannalta kiinnostavin kokoonpano saattaa olla kuvan 37 kaltainen. Kuva 37 esittää PLC laitteita kentällä, jotka ovat yhdistetty Ignition järjestelmään joko yksinään tai muiden PLC:n kanssa. Nämä Ignition järjestelmät ovat puolestaan yhdistetty yhteen “Master-Ignition” järjestelmään, joka puolestaan tallentaa datan tietokantaan. Myös visualisointi tapahtuu tämän kautta. Nämä alemman tason Ignition-järjestelmät ovat valinnaisia, mutta kuten aiemmin todettiin, tässä kokoonpanossa on etunsa. Kerääjät ovat valinnaisia. Riippuen toiminta-alueesta, ne voivat olla järkeviä kaistanleveyden, verkkosegmentoinnin ja tietoturvan näkökulmasta. (Inductive Automation, 2021.)

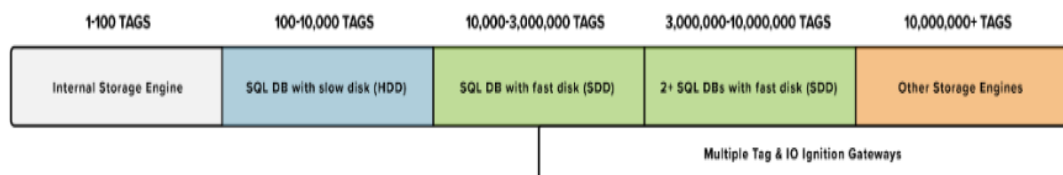


Kuva 37. Ignition järjestelmä kolmella PLC:llä (Inductive Automation, 2021)

4.2.4 Vertailuanalyysi

Inductive automation on julkaissut sivuillaan seuraavanlaisen vertailuanalyysin Tag historian- moduulista. Vaikka RMP:n käyttötarkoitukseen soveltuukin Event datan tallentaminen paremmin, on silti hyvä tarkastella tämä vertailuanalyysi, sillä se antaa suuntaa antavaa kuvaa, mihin järjestelmä pystyy.

Kuvasta 38 käy ilmi, että suorituskykyyn vaikuttaa eniten käytetyn kovalevyn tyyppi. SSD (Solid State Drive) on vanhaa HDD (Hard Disk Drive) tehokkaampi ja tietokannat tehokkaampia kuin Ignition:n "Internal Storage Engine". Inductive automation myös suosittelee SSD:n käyttöä sivuillaan. (Inductive Automation, 2021.)



Kuva 38. Suositellut tallennustyyli (Inductive Automation, 2021)

Kuvassa 39 on esimerkki 10 000 tagin järjestelmästä, jonka jokainen tagi vaihtuu kerran sekunnissa. Tästä voidaan päätellä, että Ignition pystyy käsittelemään RMP:n 100–4000 tagin järjestelmiä helposti. (Inductive Automation, 2021.) Talletus vaatimus voidaan laskea kuvan 40 avulla.

Storage Rate	10s	60s	1s	1s
Change Rate	10%	10%	10%	100%
Number of Tags	1 Million	6 Million	100 Thousand	10 Thousand

Kuva 39. Esimerkki tallennuksen nopeudesta (Inductive Automation, 2021)

Tag Changes Per Second

In order to provide benchmarks that are meaningful, these benchmarks are rated in Tag Changes Per Second. Please estimate your Storage Rate and Change Rate, and multiply them together to calculate your Tag Changes Per Second.

Tag Changes Per Second

$$\text{Tag Count} * \text{Change Rate Percent} / \text{Storage Rate (in seconds)}$$

Example: 100,000 Tags * 20% changing / 5 s storage rate = 100,000 * .2 / 5 = 4,000

Inductive Automation has a storage calculator spreadsheet available that can be provided upon request to help with estimating.

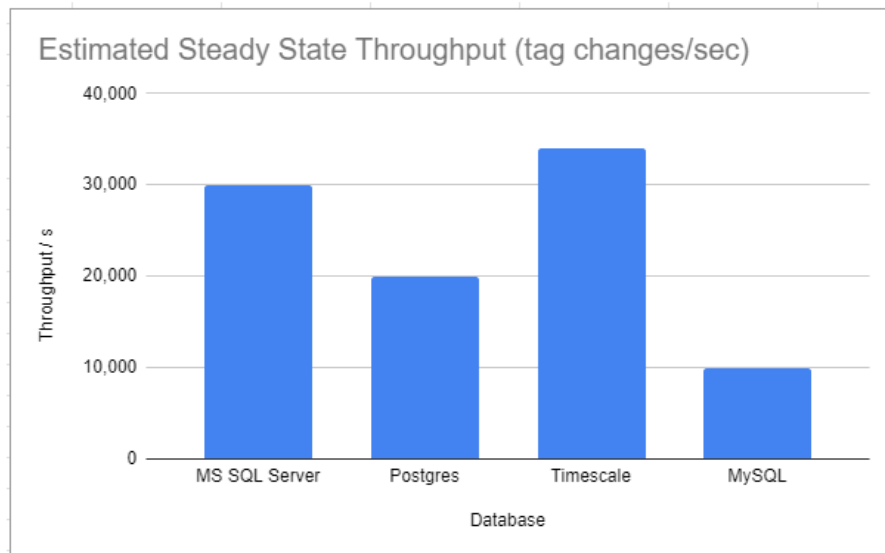
Kuva 40. Laskukaava tallennuksen tarpeen laskemiseen (Inductive Automation, 2021)

Kuvan 41 mukaan Ignition pystyy helposti ajamaan kaikki RMP:n tagit tietokantaan riittävän ripeästi.

SQL Database Benchmarks

Test System

Platform	Windows
CPU	Intel Core i7-4790K (4/8 core, 4GHz)
RAM	16GB
Drive	Samsung SSD 860 EVO 2TB



Kuva 41. Ignition:n testitulokset: tagimuutokset / s nopeudet eri tietokantoihin (Inductive Automation, 2021)

Datanvarastointitilan vaatimuksen voidaan laskea kuvan 42 kaavalla:

$$\text{Tag changes per second} * 100 * \text{seconds in time period}$$

Kuva 42. Varastointitilan vaatimuksen laskukaava (Inductive Automation, 2021)

Esimerkiksi, jos järjestelmässä on 1000 tagia, joista 10 % muuttuu 10 sekunnin välein, tuloksena on noin 10 tagin muutosta sekunnissa. Kun kerrot tämän 100 tavulla ja 86 400 sekunnilla päivässä, vaatimus on noin 86,4 megatavua päivässä. Monissa tietokannoissa on kuitenkin pakkausvaihtoehtoja, jotka voivat vähentää tarvittavan tallennustilan kokoa 30–50 % tai enemmän, yleensä CPU:n tehon kustannuksella. (Inductive Automation, 2021.)

4.2.5 Turvallisuus

Inductive Automationilla on vahva turvallisuusfokus ja se tarjoaa ohjeita yksittäisten Ignition Gateway -järjestelmien suojaamiseen. Inductive Automation suosittelee viimeisimpien turvallisuuden lujittamisohjeiden käyttämistä yksittäisen Ignition Gateway -järjestelmän suojaamiseksi. Ohjeet löytyvät täältä: <https://inductiveautomation.com/resources/article/ignition-security-hardening-guide>

Tietojen salaaminen siirron aikana on tärkeä tekijä historiatietojen yhteydessä. Ignition voi toimia suojaetuissa verkoissa, ja kaikki tiedonsiirto voidaan suorittaa VPN:n tai muiden salattujen yhteyksien kautta, jotka tukevat normaalia IP-liikennettä. Lisäksi Ignition-asiakas-palvelinviestintä voidaan salata, Gateway-to-Gateway-viestintä voidaan salata, ja kaikki merkittävien tietokantojen Gateway-to-Database-liikenne voidaan salata. Jotkut laitteet eivät tue salausta tai muita turvatoimia, joten on tärkeää harkita, miten laitteen kommunikointi voidaan turvata. Ratkaisu voi joskus olla laittaa pieni tietojenkeruulaite epävarman laitteiston viereen, joka käyttää Ignition Edgeä tai toista ohjelmistoa, jotta salaamaton kommunikaatio pysyy poissa kaikilta verkoilta. Muita ratkaisuja ovat VLAN-salaus ja verkon suojaaminen salaamattomalle liikenteelle käyttämällä palomuri- ja IDS-sääntöjä sekä muita turvatoimia. Inductive Automation suosittelee turvallisuusasiantuntijoiden kanssa työskentelyä, jos herää kysymyksiä laitteen kommunikointiturvallisuudesta. (Inductive Automation, 2021.)

Asiakasturvallisuus toteutetaan yleensä käyttämällä TLS 1.2/1.3-salausta, joka tarjoaa saman tason salausta kuin tyypilliset pankkisivustot. Käytetään standardin PKI-sertifikaatteja ja asetukset konfiguroidaan Ignitionin dokumentaatioissa esitettyjen ohjeiden mukaisesti. (Inductive Automation, 2021.)

4.2.6 Lopuksi

Inductive Automation:n sivuilla on hyvät ohjeet järjestelmän kasaamiseen ja sen optimoimiseen. Ignition:a on helppo käyttää ongelmien ratkomiseen, koska sitä ei välttämättä tarvitse yhdistää tietokantaan vaan se pystyy tallentamaan myös tietokoneen muistiin hetkellisesti. (Inductive Automation, 2021.) Ignition:a käyttävät esimerkiksi: ThermalTech Engineering, USA; Vertech, USA; Enuda, Ruotsi (Inductive Automation, 2023).

4.3 AVEVA

4.3.1 Yleisesti

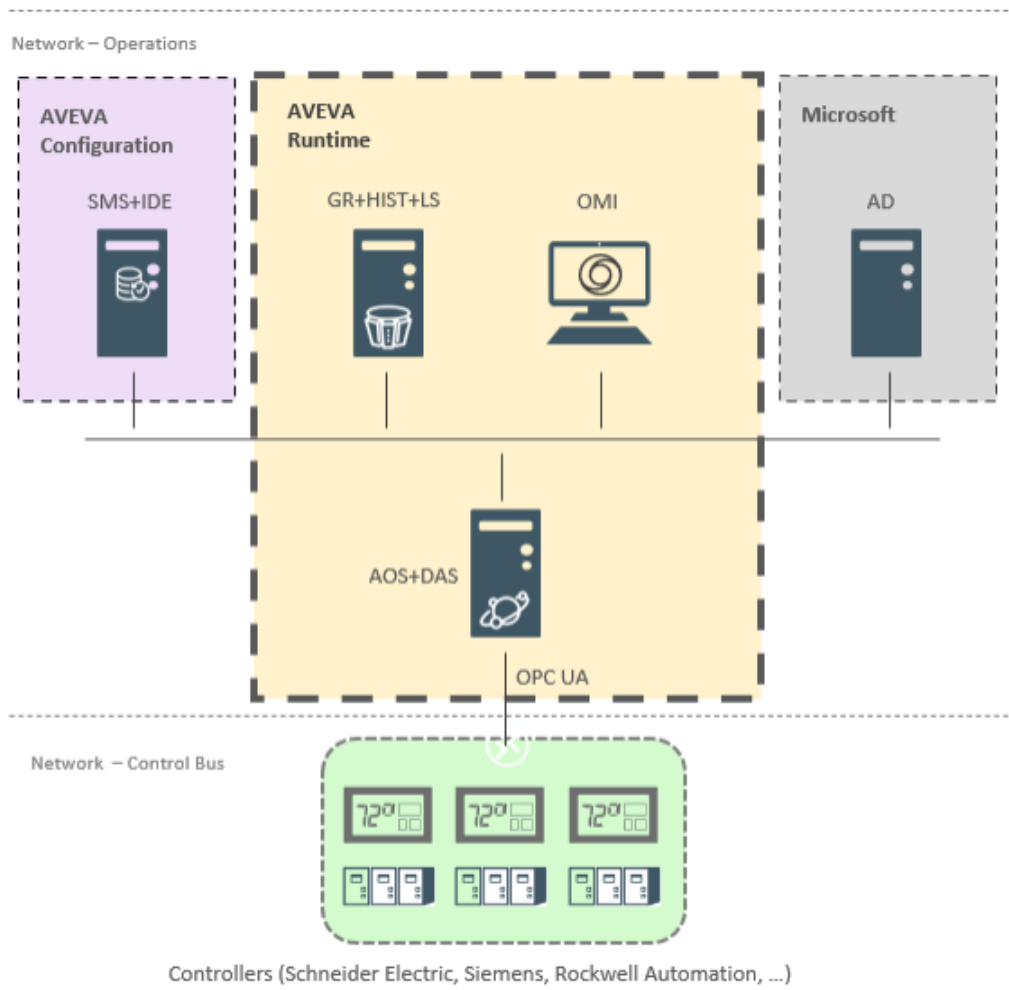
AVEVA Historian on väitetysti alan kehittynein datahistoroitsija ja se tarjoaa laajan skaalan ja nopean datan tallennuksen. Se pystyy seuraamaan ja salaamaan jopa kaksi miljoonaa tagia, hälytystä ja tapahtumaa (Alarms & Events). AVEVA Historian on käytettävissä 24/7 PC:llä, tabletilla ja puhelimella ja tarjoaa tallennuksen vaihtoehdot joko pilveen tai tietokantaan. AVEVA mainostaa, että sen käyttämä varastointiohjain käyttää vain 2% siitä levytilasta, mitä normaali relaatiotietokanta käyttäisi pakkaamalla dataa noin 40 kertaa enemmän. (AVEVA, 2023a, s. 2–3.)

AVEVAN nettisivuilla on tehty laskenta: 5000 tagia sekunnissa vuoden ajan on 157 miljardia arvoa tallennettuna 8 tavuun vaatii noin 1 teratavun verran varastointitilaa, mikä ei nykypäivänä ole kovinkaan ihmeellinen määrä. AVEVA Historian ei tallenna dataa suoraan tietokantaan vaan käyttää hyödykseen

“history block” teknologiaa. Tämän ja AVEVAN patentoiman “Swingin door” datantallennus algoritmin avulla datahistoriaa ei tarvitse koskaan poistaa tallennustilan käydessä vähiin. (AVEVA, 2020, s. 29–32.)

AVEVA Historian tarjoaa ratkaisun datan ongelmalliseen liikkumiseen, kuten esimerkiksi ryöpsähdyksiin, jossa dataa tulee myöhässä tai paljon kerralla, jolloin tavallinen tietokanta joutuu koetukselle. Se pystyy myös vastaanottamaan dataa, joka tulee laitteesta, jonka järjestelmäkello on eri ajassa kuin AVEVA Historian:n. (AVEVA, 2023b.)

Kuva 43 on esimerkki AVEVA-järjestelmän käyttöönotosta, jossa jokaiselle tietokoneelle on määritetty yksi tai useampi rooli. On hyvä huomata, että suurimman osan näistä rooleista voi jakaa usealle tietokoneelle tai yhdistää yhdelle tietokoneelle riippuen sovelluksen koosta ja käytettävissä olevista laitteistoresursseista.



Kuva 43. Esimerkki AVEVA:a käyttävästä järjestelmästä (Meijueiro ym., 2021, s. 36)

SMS (System Management Server): Järjestelmänhallintapalvelimen tehtävä on luoda, hallinnoida ja jakaa turvallisia digitaalisia sertifiikaatteja, joita käytetään turvallisen ja salatun kommunikation luomiseen ja ylläpitämiseen kaikkien solmujen välillä (Meijueiro ym., 2021, s. 37).

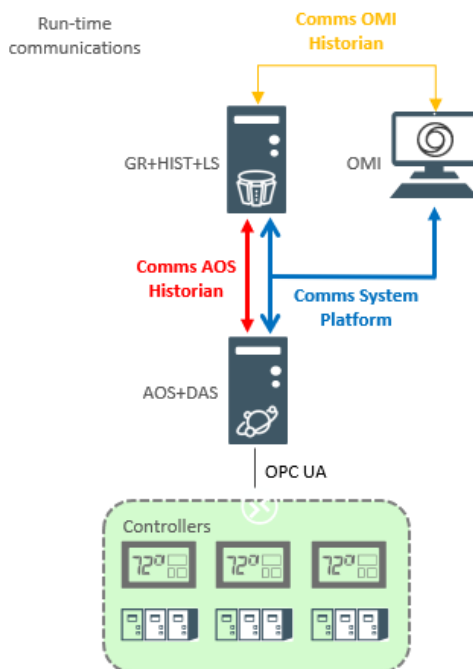
IDE (Engineering station): Ajaa työkaluja, joita tarvitaan sovelluksen kehittämiseen ja konfigurointiin, kuten automaatio-objekteja tai OMI-grafiikkakomponentteja. IDE on käytössä vain sovelluksen konfiguroinnin aikana. (Meijueiro ym., 2021, s. 37.)

HIST: Suorittaa Historian Server -ohjelmiston ja isännöi historian ja hälytystietokantoja. Yleensä yhdessä verkossa on vain yksi historian palvelin,

mutta tarvittaessa voi olla useita esimerkiksi suurille hajautetuille verkoille, joissa on paikallisia historian palvelimia per sijainti. (Meijueiro ym., 2021, s. 37.)

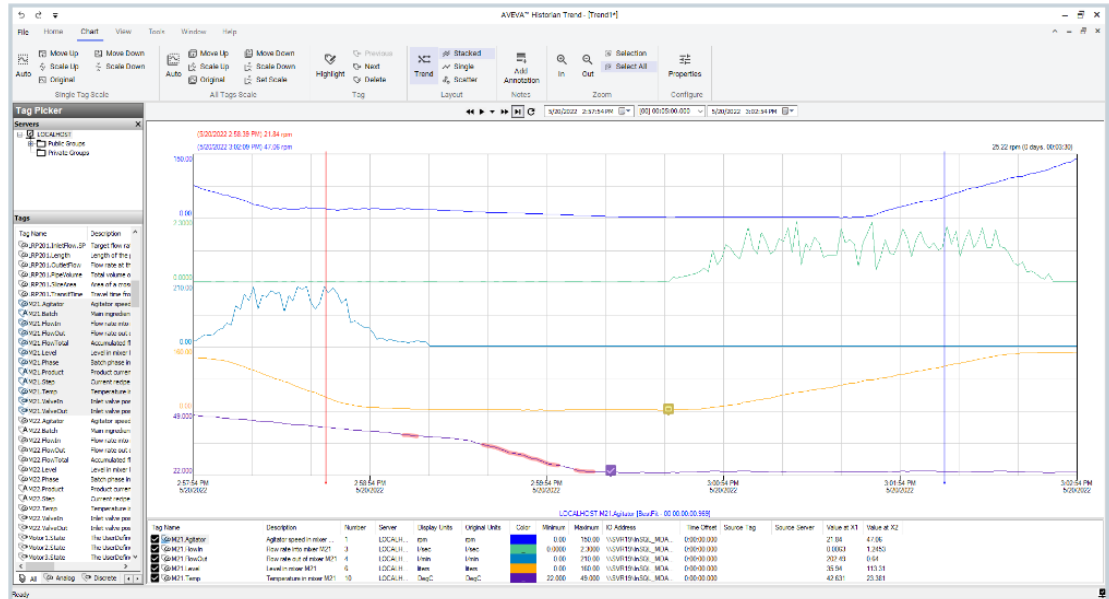
DAS (Data Acquisition Server): Tietokone, joka on yhdistetty ”ohjausverkkoon” ja suorittaa vastaavat ajurit, kuten GATEWAY-ajuri OPC UA -client. Yhdellä laiteintegroitipalvelimella voi olla useita ajureita, mutta myös useita laiteintegroitipalvelimia riippuen ohjausverkon topologiasta. OMI (Supervisory Clients): Käyttöliittymän sijainti. (Meijueiro ym., 2021, s. 37.)

Kuvassa 44 on kuvattu järjestelmä, jossa on vain välttämättömät osat.



Kuva 44. AVEVA:n järjestelmän välttämättömät osat (Meijueiro ym., 2021, s. 36)

AVEVA Historian Client -ohjelmistopaketti on erillinen ohjelma, joka tarjoaa visuaalisen käyttöliittymän AVEVA Historian:in. Trends-graafin avulla käyttäjä pystyy seuraamaan sekä reaaliaikaisesti tagien muutosta että tagin tallennettua muutosta. Esimerkki kaaviosta näkyy kuvassa 45. (Meijueiro ym., 2021, s. 13, 21.)



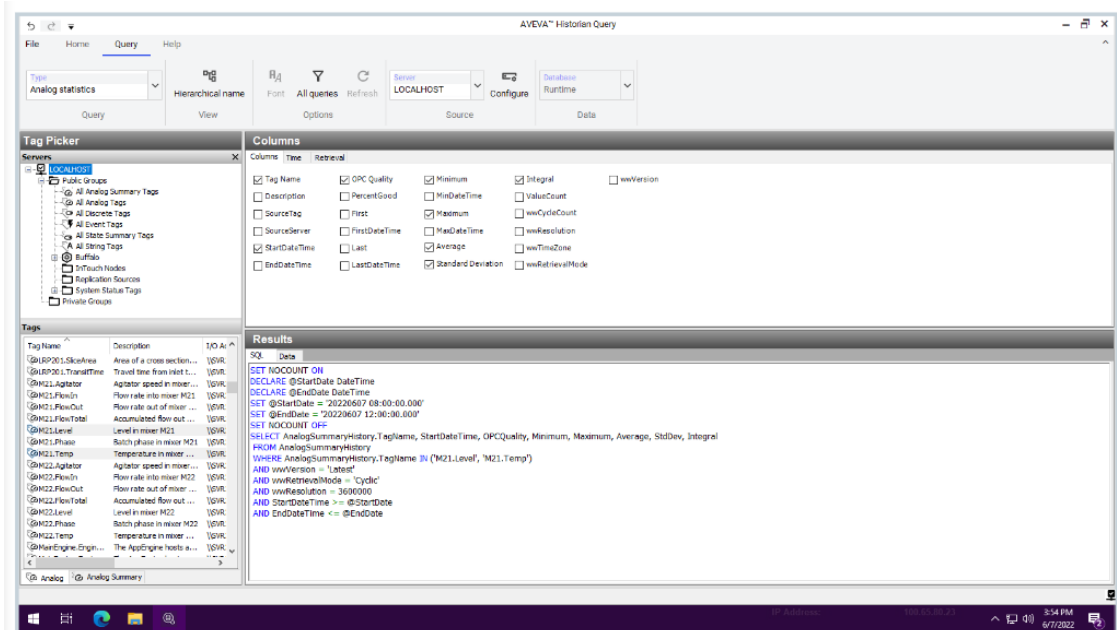
Kuva 45. Trends-graafi AVEVA Historian Client- ohjelmistossa (AVEVA, 2023b)

Tämän lisäksi AVEVA Historian Client tarjoaa Excel -lisäosan, joka on havainnollistettu kuvassa 46. (AVEVA, 2023b.)

Tag Name	Description	Date/Time	Value
R21.Level	Level in reactor R21	1/13/2020 11:40	142.4425113
R21.Temp	Temperature in reactor R21	1/13/2020 11:40	150.1434133
R21.Agitator	Agitator speed in reactor R21	1/13/2020 11:40	21.98074481

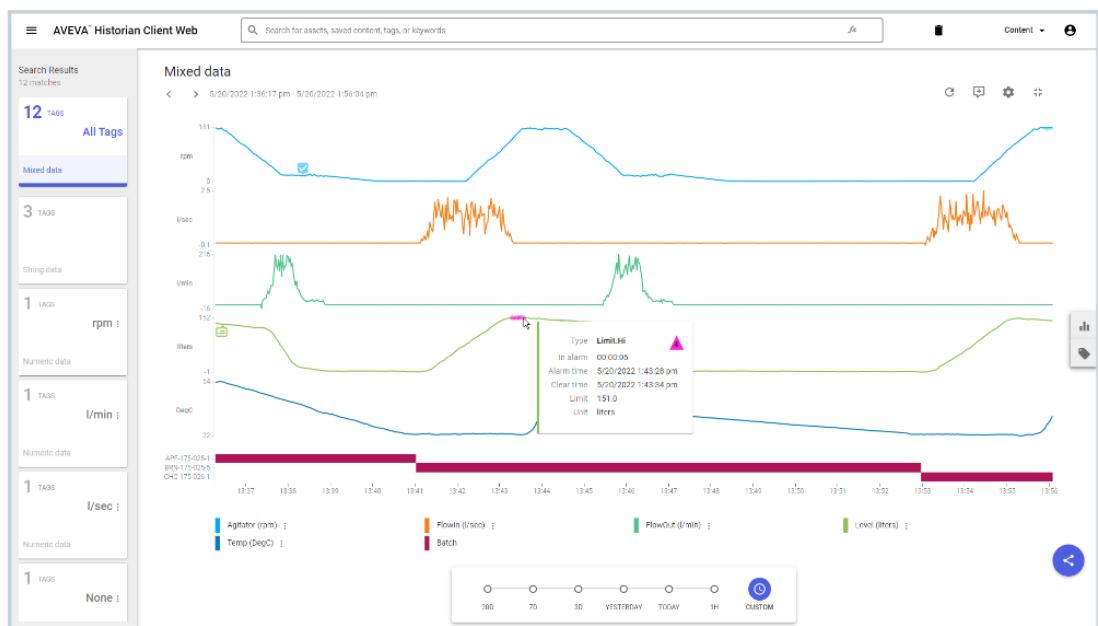
Kuva 46. Excel-lisäosa. (AVEVA, 2023b)

Query työkalu poistaa tarpeen SQL- käyttökokemukselta, sillä sen avulla käyttäjä pystyy helposti hakemaan tietokannasta haluamansa datan. Query työkalu on kuvattu kuvassa 47. (AVEVA, 2023b.)



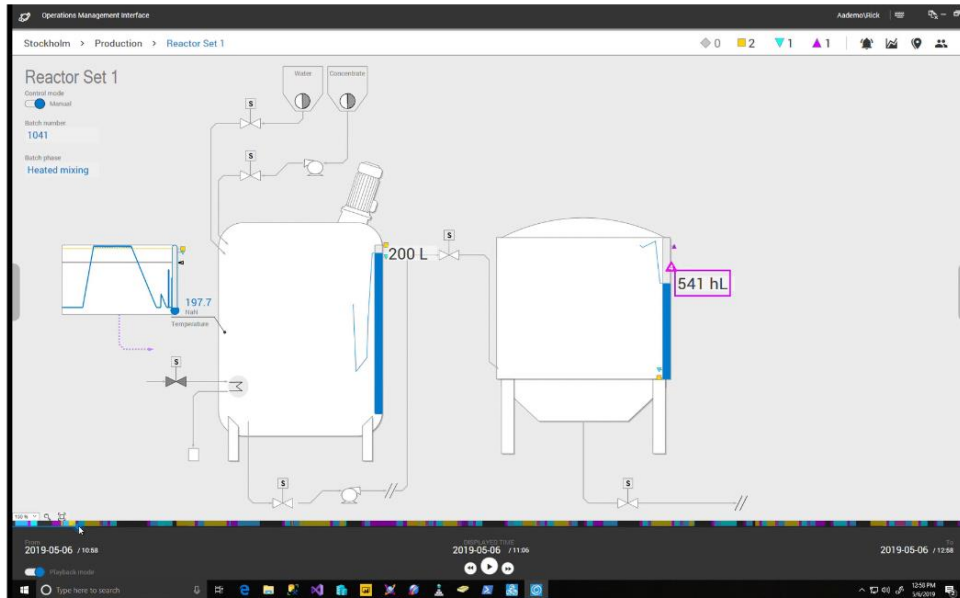
Kuva 47. Query työkalu (AVEVA, 2023b.)

AVEVA Historian Client -ohjelma tarjoaa myös web-pohjaisen käyttöliittymän tietojen käyttöön ja analysointiin sekä API:t muiden järjestelmien integroimiseksi. Kattava haku indeksoi kaikki olemassa olevat tunnisteet, käyttäjän tuottamat hakusanat ja sisältönimet. Esimerkki käyttöliittymästä näkyy kuvassa 48. (AVEVA, 2023b.)



Kuva 48. Web-pohjainen käyttöliittymä (AVEVA, 2023b)

Kuvassa 49 näkyvä AVEVA Operations Management on loistava työkalu ongelmien ratkomiseen. Sen avulla käyttäjä näkee visuaalisesti videolta, mitä laitteistossa tapahtui ongelman tapahtuessa. (AVEVA, 2023a, s. 7.)



Kuva 49. AVEVA Operations Management Replay ominaisuus (AVEVA, 2023a)

4.3.2 Järjestelmävaatimukset

Kuvan 50 mukaisen järjestelmän vaatimukset ovat helposti saavutettavissa, mikä kertoo järjestelmän hyvästä optimoinnista.

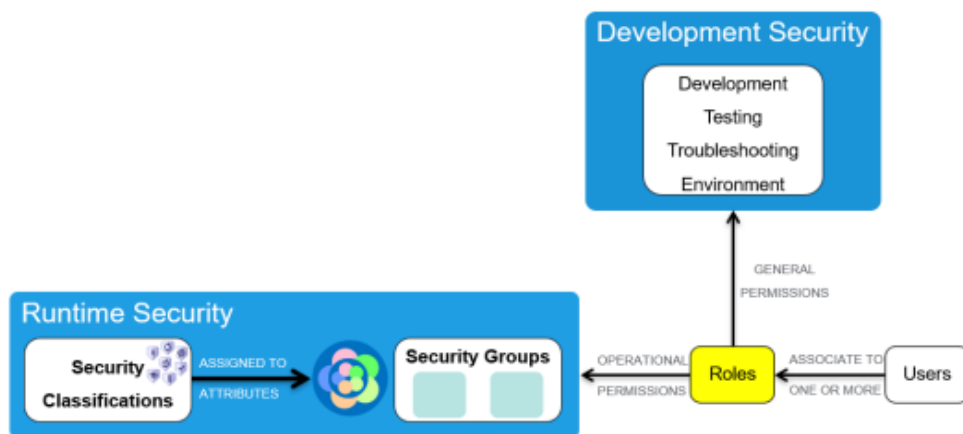
ROLE	Computer Part of TOE	CPU Cores	RAM	Hard Disk Space	Screen Resolution	Network Speed	Windows Type
GR+Hist+LS	YES	6	12	150 GB	1920x1080	1Gbps	Server
AOS+DAS	YES	6	6	100 GB	1920x1080	1Gbps	Server
OMI	YES	4	8	100 GB	1920x1080	1Gbps	Client
SMS+IDE	NO	4	6	60 GB	1920x1080	1Gbps	Server
AD	NO	4	4	60 GB	1920x1080	1Gbps	Server
OPC UA Server (Top Server)	NO	4	4	60 GB	1920x1080	1Gbps	Server

Kuva 50. Hardware-vaatimukset (Meijueiro ym., 2021, s. 38)

Suosittelut Windows versiot ovat: Server - Windows Server 2019 LTSC (Desktop Experience) sekä Client - Windows 10 1909 Pro (Meijueiro ym., 2021, s. 38).

4.3.3 Tietoturva

Kuvan 51 mukaisesti AVEVA pystyy päättämään, kuka käyttäjä on ja mitkä oikeudet hänelle on annettu käyttämällä hyödykseen Windows-autentikointia. (Meijueiro ym., 2021, s. 22.)



Kuva 51. AVEVAN turvaluokittelu (Meijueiro ym., 2021, s. 22)

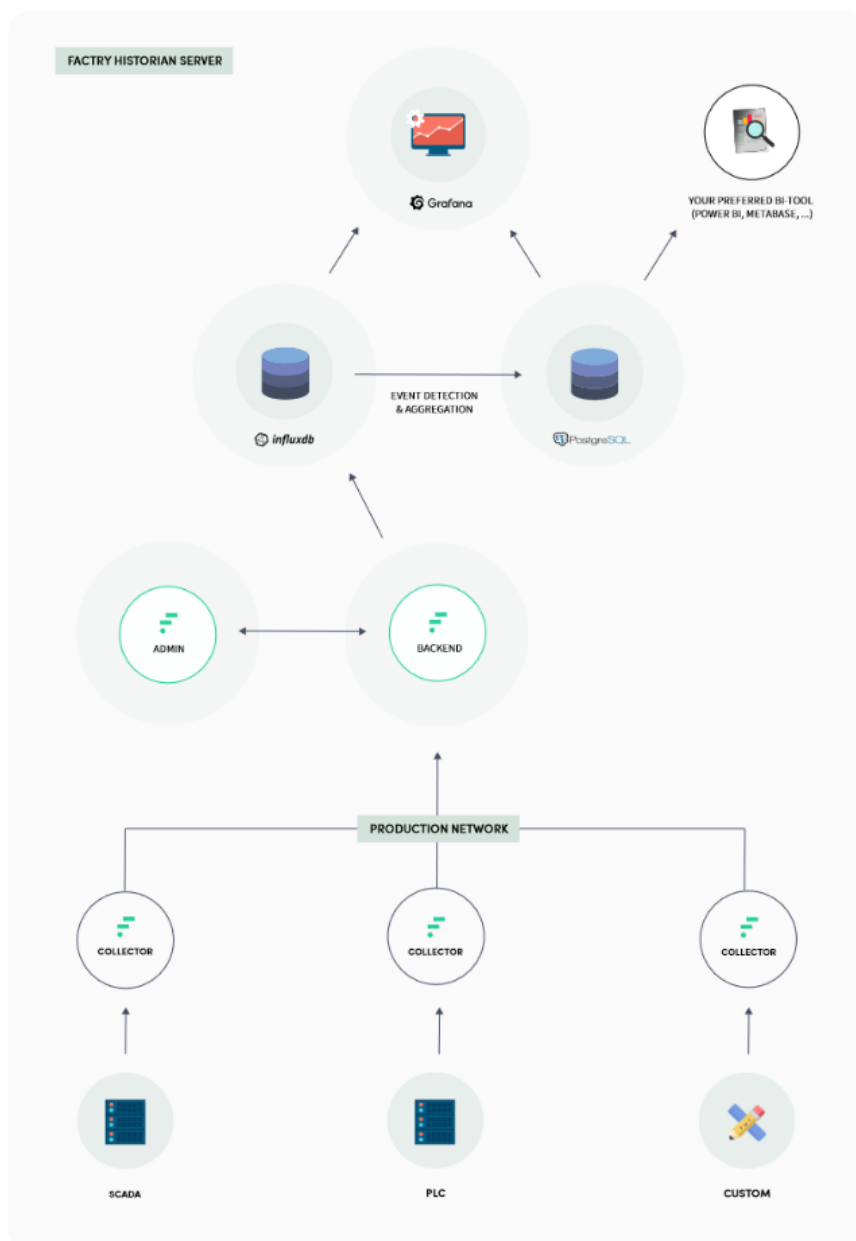
4.3.4 Lopuksi

AVEVA Historian:ia käyttävät esimerkiksi: Bermuda Electric Light Company Limited (BELCO), Bermuda; Eker Dairy, Turkki; Lonmin Mining Co., Etelä-Afrikka. (AVEVA, 2023c.)

4.4 Factory

4.4.1 Yleisesti

Factory tarjoaa kaikista vaihtoehdoista selkeimmän käyttöliittymän, jota Factory mainostaa ei-teknisille ihmisillekin sopivaksi. Muuten Factory ei tarjoa mitään uutta, mitä jokin muu kehittäjä ei jo tarjoaisi. Kuvassa 52 Factory Historian järjestelmä.



Kuva 52. Esimerkki Factory:ä käyttävästä järjestelmästä (Factory, 2022, s. 9)

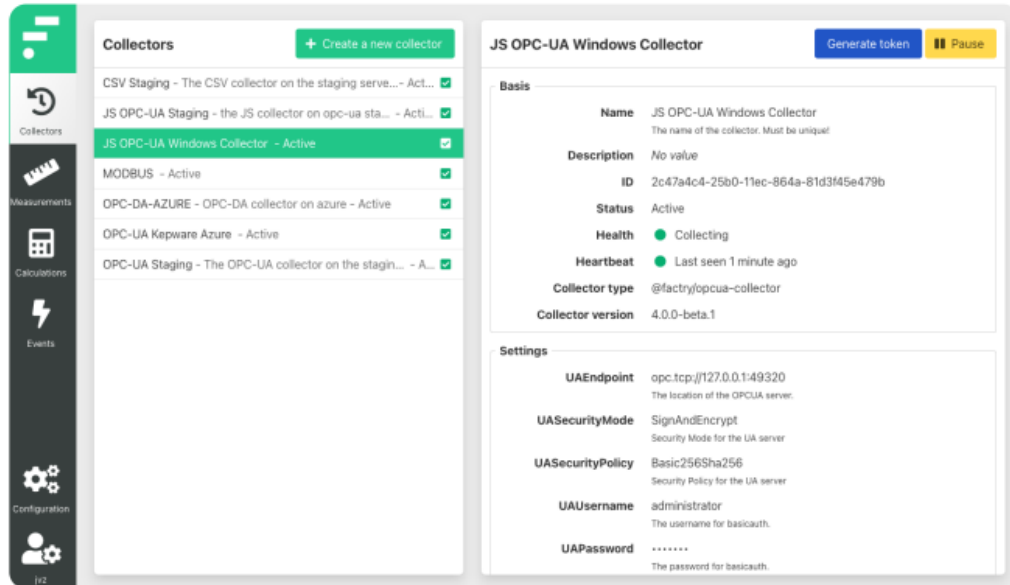
Factry Historian on rakennettu hyvin ylläpidetyillä avoimilla teknologioilla, kuten InfluxDB, Grafana ja PostgreSQL, joita on muokattu tarpeisiin sopivaksi (Factry, 2022, s. 8). Factry historian on suhteellisen uusi tuote markkinoilla ja se lupaa päivityksiä turvallisuuteen, toiminnallisuuteen ja bugeihin tiheään tahtiin. Factry:n mukaan päivitykset voidaan tehdä ilman, että järjestelmää sammutetaan, jolloin loppukäyttäjä ei edes huomaa, kun järjestelmää päivitetään. (Factry, 2022, s. 11–12.)

Factry Historian:n hinnoittelumalli on yksi hinta / lisenssi. Ei eri hintoja eri tagi määrille tai käyttäjille. Factry tarjoaa API:n lisenssin mukana, jotta kolmannen osapuolen sovelluksen yhdistäminen on helppoa. Factry on ottanut huomioon myös tulevaisuuden näkymät tekoälyn ja koneoppimisen kehittymiseen rakentamalla ohjelmiston pitäen ne mielessä. (Factry, 2022, s. 11.)

Factry ei mainitse tarkkoja tagimääriä, joita se pystyy hallitsemaan, mutta puhuu kuitenkin 100 000 anturista ja ”rajattomasta” tagimäärästä (Factry, 2022, s. 11, 25).

Järjestelmävaatimuksista ei löytynyt muuta tietoa kuin että Windows ja Linux tietokoneet ovat sopivia. Muut vaatimukset riippuvat tagien määrästä. Nämä vaatimukset tosin ovat todennäköisesti suurin piirtein samaa luokkaa kuin Proficy Historian tai muut vastaavat datahistoroitsijat, jolloin vaatimukset tuskin tulevat vaikuttamaan mitenkään olennaisesti sopivan datahistoroitsijan valintaan. (Factry, 2022, s. 26.)

Factry:n voi asettaa lähettämään viestejä tai sähköposteja halutuille henkilöille tiettyjen arvojen ylittäessä valitut kynnykset, täten nopeuttaen ongelmatilanteiden ratkaisua, kun tehdas on jo käynnistetty ja käyttöönottajat ovat poistuneet tehtaalta. (Factry, 2022, s. 12.) Tätä toimintoa on kuvattu kuvassa 53.

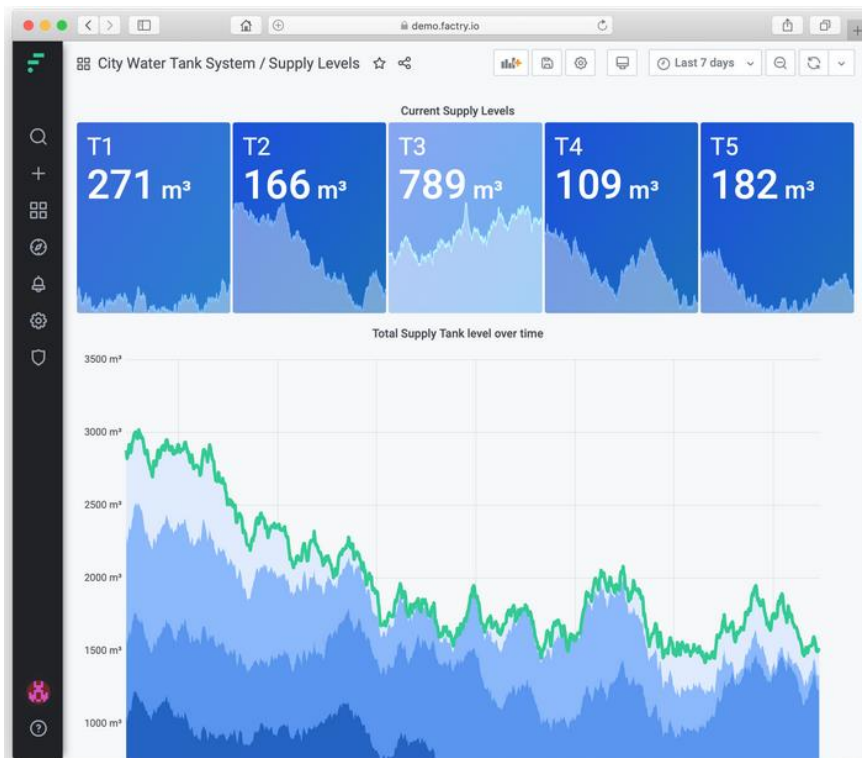


Kuva 53. Factory:n käyttöliittymässä datankeräyksen asetuksia (Factory, 2022, s. 13)

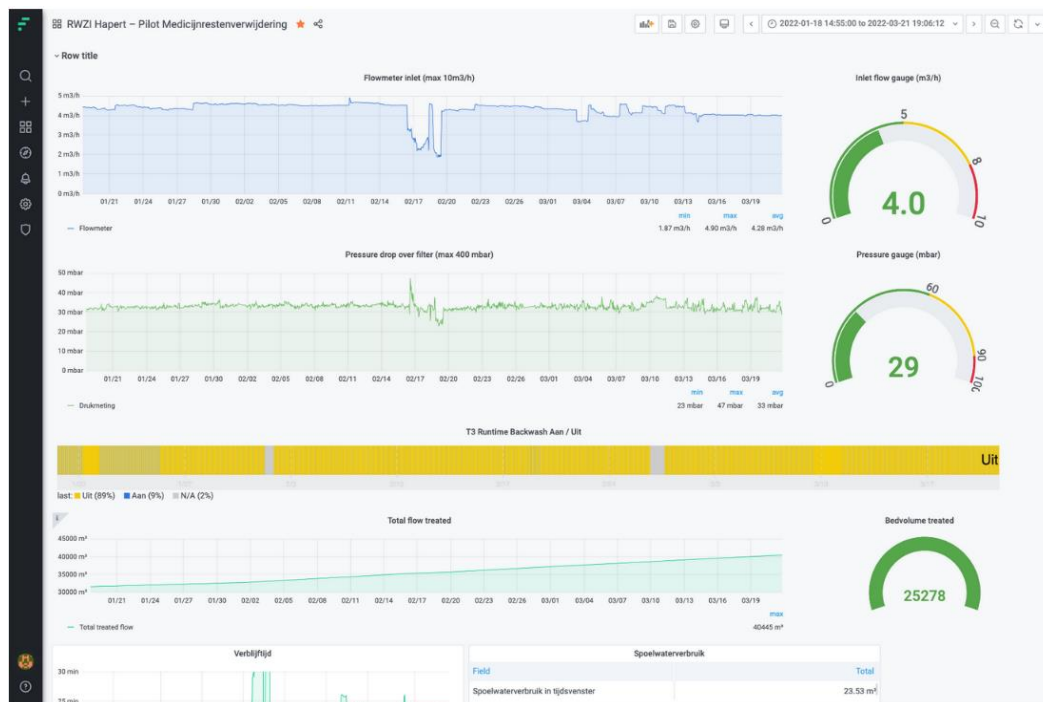
Factory:lle voi asettaa eri käyttäjätilejä, jonka avulla esimerkiksi asiakkaalla/operaattorilla on oikeus hallita vain tiettyjä ominaisuuksia, kun taas käyttöönottajalla voi olla täydet oikeudet. Näin vältetään siltä, että ongelmatilanteita ratkoessa luodaan lisää ongelmia. (Factory, 2022, s. 12.)

Factory:n ominaisuuksiin kuuluu viestien liittäminen hälytyksiin. Tiettyyn hälytykseen voidaan liittää ohjeet asian korjaamiseen. Täten tuotannon jatkuvuus on varmempaa. (Factory, 2022, s. 13.)

Kuvassa 54 ja 55 näkyvän web-pohjaisen käyttöliittymän ansiosta järjestelmällä ei ole rajoitusta käyttäjämäärälle (Factory, 2022, s. 12).



Kuva 54. Esimerkki Factory:n web-pohjaisesta käyttöliittymästä (Factory, 2023b)



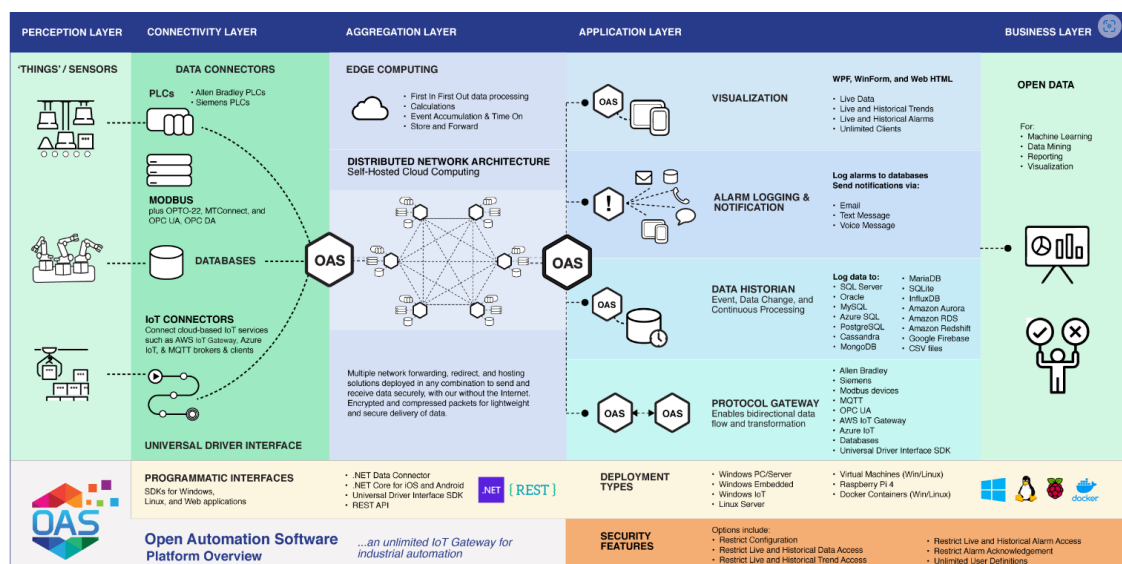
Kuva 55. Esimerkki Factory:n käyttöliittymästä (Factory 2023a)

Factry on vielä suhteellisen uusi kehittäjä ja vaikuttaa pääasiassa kotimaassaan Belgiassa. Sitä käyttävät esimerkiksi: Nordic Water Products AB, Ruotsi; Group Van Damme, Belgia; Vleemo NV, Belgia. (Factry, 2022, s. 20, 24; Factry, 2023a.)

4.5 Open Automation Software

4.5.1 Yleisesti

Open Automation Software (OAS) tarjoaa monipuolista, mutta vähän vanhentunutta datahistoroitsijaa ja käyttöliittymää. Kaikista vaihtoehdoista OAS:lla vaikuttaisi olevan parhaimmat ohjeet saatavilla netistä. OAS:n datahistoroitsija pystyy tallentamaan dataa useammasta kohteesta samaan aikaan ja toimia täysin riippumatta toisistaan. Tämä tarkoittaa myös sitä, että kohdetietokanta voi olla yhdellä kohteella MySQL ja toisella MS Access. (Open Automation Software, 2023g.) Kuvassa 56 näkyy tehtaan järjestelmä, jossa käytetään OAS:n järjestelmää.



Kuva 56. OAS järjestelmä laajimmillaan (Open Automation Software, 2023g)

OAS:n datahistoroitsija puskuroi datantallennuksen itseensä, joten yhteyden katketessa dataa ei menetetä, vaan data siirretään tietokantaan heti, kun se on mahdollista (Open Automation Software, 2023g).

OAS sisältää kaikki tarvittavat datantallennuksen ominaisuudet. Tagin tallennus, kun se ylittää raja-arvon, tagin tallennus jokaisella sykllillä ja monia muita ominaisuuksia. OAS pystyy tallentamaan myös Siemensin hälytyksiä. OAS:lla on tuki Allen-Bradleyn ja Siemensin logiikoiden (Siemensillä jopa vanhempien logiikoiden) kanssa Put/Get kommunikoinnilla. Tallennettavien tagien muuttaminen ja hallinnointi on vaivatonta OAS:n omalla ohjelmistolla. Tämä poistaa tarpeen ylimääräiseltä OPC UA kommunikoinnin järjestämiseltä TIA Portal:ssa. (Open Automation Software, 2023e.)

Tagilistan voi tuoda myös CSV-tiedostona suoraan OAS:lle tai OPC UA:n kanssa yhdellä painalluksella tuoda kaikki OPC UA tagit logiikasta (Open Automation Software, 2023c).

OAS toteuttaa First in – First out -käsittelyn kaikelle vastaanotetulle datalle, jotta se voidaan toimittaa loppukohteeseen 100 nanosekunnin tarkkuudella. Toimittamalla kaikki arvot, ei vain viimeisintä arvoa, oppimismootorit ja datamallit saavat mahdollisimman korkean tarkkuuden, kun taas toiminnot saavat kaiken datan ja tarkan historian parhaan mahdollisen analyysin tekemiseksi. Kaikkia arvoja käsittelemällä ja kuljettamalla ei jää huomiotta mitään hälytystä poikkeamista ja kaikki reaaliaikaiset sekä historialliset trendipiikit ovat saatavilla katseltavaksi. (Open Automation Software, 2023b.)

Open Automation Software käsittelee dataa korkealla tehokkuudella ja nopeudella ylläpitääkseen datan tarkkuutta ja luotettavuutta. OAS voidaan suorittaa useilla alustoilla, joilla on suuri skaalautuvuus: Raspberry Pi 4:llä 100 000 tagiin aina Windows- tai Linux-palvelimella 1 000 000 tagiin asti. Käytettäessä hajautetun verkkototeutuksen reunapalvelimena, OAS voi esikäsitellä kaiken saapuvan datan ja toimittaa sen lopulliseen kohteeseen rajattomalle määrälle tunnisteita ja asiakkaista riippumatta. (Open Automation Software, 2023a.)

4.5.2 Tietoturva

Jokainen OAS:n ominaisuus voidaan turvata aina yksittäisiä tageja ja tagiryhmiä myöten. Tämä saavutetaan käyttämällä OAS:n turvallisuusryhmiä ja -käyttäjiä. OAS suosittelee, että tuotantoympäristössä luodaan tarvittavat ryhmät, käyttäjät ja käyttöoikeussäännöt. (Open Automation Software, 2023d.)

Open Automation Software sisältää useita suojausmekanismeja ohjelmistorutiineissa ja käyttää Security Code Scan -toimintoa haavoittuvuuskuvioita analysoimiseen. (Open Automation Software, 2023d.)

OAS suosittelee OAS-tägejä kirjatessa ulkoiseen tietokantaan käyttämään ainutlaatuista tunnusta jokaiselle tietokannalle eikä käyttää tietokannan ylläpitäjän tunnusta. Tällä tavalla OAS Data Logging -ryhmät voidaan rajoittaa lukemaan ja kirjoittamaan vain tietokantoihin ja tauluihin, jotka ovat tarpeen halutun toiminnallisuuden saavuttamiseksi. (Open Automation Software, 2023d.)

4.5.3 Käyttöliittymä

OAS datahistoroitsijan mukana ei tule HMI-ohjelmaa, mutta OAS tarjoaa helpon ratkaisun datan esittämiseen. OAS:n nettisivuilla on HTML-lähdekoodi oman web-pohjaisen käyttöliittymän luomiseen ja selkeät ohjeet. (Open Automation Software, 2023b.)

OAS tarjoaa myös HMI Wizardia, jonka avulla HTML-kieltä ei tarvitse osata vaan ohjelma luo HTML-koodin käyttöönottajän asettamin ehdoin. Tämä on täysin ilmaista. (Open Automation Software, 2023f.)

Uskon, että näiden ohjelmien avulla RMP pystyisi rakentamaan itselleen mieluisen datahistoroitsijan.

OAS lupaa jopa 100 nanosekunnin teoreettisen resoluution Siemensin logiikoille, mikä ei sisällä tiedonsiirron käyttämää aikaa. (Open Automation Software, 2023e)

4.5.4 Lopuksi

OAS vaikuttaa hyvin selkeältä vaihtoehdolta, jolle on hyvä tuki järjestelmän pystyttämiseen ja ongelmatilanteisiin valmistajan nettisivuilla. Samaa ei voi sanoa kaikkien valmistajien sivuista. OAS on myös kaikista datahistoroitsijoista helpoiten muokattavissa mieluisesti. Panostamalla työtunteja käyttöliittymän luomiseen (jolle on jo hyvä pohja ja tuki) uskon, että OAS on sopivin datahistoroitsija RMP:lle. Esimerkkitapaus: <https://openautomationsoftware.com/why-us/case-studies/remote-process-alarms/>

4.6 Itse tehty datahistoroitsija

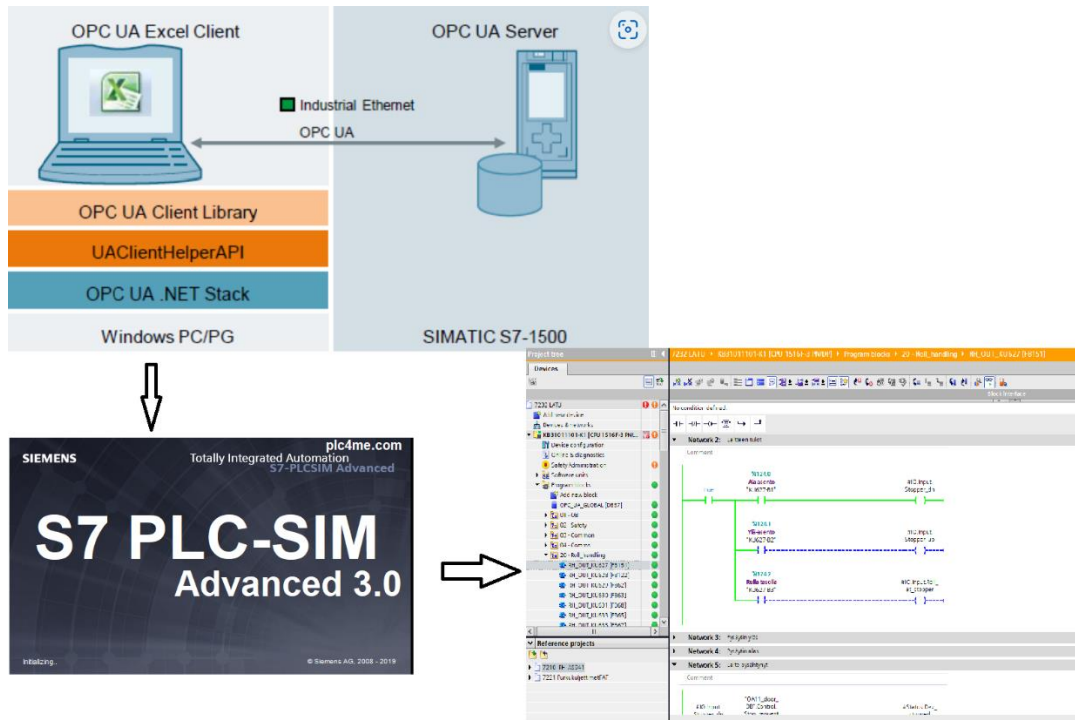
Yksi RMP:n toiveista oli, että historoitsijan visuaalinen ilme olisi samanlainen TIA Portalin kanssa, koska se on käyttöönottajille jo entuudestaan tuttu ja nopeuttaisi mahdollisen vian etsintää. Tätä ei kuitenkaan mikään markkinoilla oleva tuote tarjoa.

Tällaisen järjestelmän voisi toki itse ohjelmoida, kuten Jarakivi teki opinnäytetyössään. On kuitenkin yksi tapa, miten tämä saadaan toteutettua ilman ohjelmointia ja sovelluksen rakentamista. Käyttämällä saatavilla olevaa ilmaista OPC UA client:ä (esimerkiksi UaExpert), joka kerää datansa Excel-tiedostoon (.csv tiedostotyyppit), PLC-emulaattoria sekä TIA Portalia, saavutetaan ihanteellinen tilanne, jossa valitsemalla tietty haluttu ajan kohta Excel-taulukosta TIA Portal esittää visuaalisesti tilanteen sellaisen kuin se oli valitussa ajankohdassa. (Automation Online, 2022; Electrical Automation Hands-On, 2019; Opcti, 2020; SCADA, 2015.)

Jotkin markkinoilla olevista datahistoroitsijoista mahdollistavat datan kirjoittamisen Excel-taulukkaan. Jos tällaista ei kuitenkaan tarjota, on olemassa Excel-lisäosia, jotka mahdollistavat OPC UA clientin lisäämisen Exceeliin. Excel on työkalu, jossa saatavilla on monenlaisia valmiita pohjia, joita käyttämällä Exceliä itsessään voisi jo käyttää datan historian tallentamiseen sekä visualisointiin. Tätä ideaa voidaan jalostaa pidemmälle. (Automation Online, 2022; Electrical Automation Hands-On, 2019; Opcti, 2020; SCADA, 2015.)

OPC UA kommunikoinnin avulla on mahdollista kirjoittaa mikä tahansa tieto Excel-taulukosta PLC-emulaattoriin. Tämä mahdollistaa sen, että tekemällä käyttöönottavasta Tia Portal- projektista kopio, joka yhdistetään PLC-emulaattoriin ja laitetaan Online-tilaan, voidaan emulaattori-plc:lle kirjoittaa arvoja Excel-taulukosta. Excelin solut yhdistetään OPC UA:n kautta oikeisiin tageihin, jonka jälkeen PLC-emulaattori lukee datan Excelistä ja näyttää sen TIA Portalissa. (Automation Online, 2022; Electrical Automation Hands-On, 2019; Opcti, 2020; SCADA, 2015.)

RMP:n projektissa tämä toteutettaisiin siten, että PLC:n ohjelmasta otetaan kopio ja käynnistetään PLC-emulaattorissa (mikä sijaitsee joko sähkökeskuksen MicroBox tietokoneessa, käyttöönottajän pc:llä tai tehtaan valvomon tietokoneella), joka laitetaan RUN-tilaan. Tämä CPU asetettaisiin OPC UA- clientiksi, jota käytetään ainoastaan read-tilassa. Tämä CPU saa tietonsa tietokannasta/Excelistä, joka vuorostaan saa tietonsa järjestelmässä sijaitsevalta datankerääjältä, joka sijaitsee samassa paikassa PLC-emulaattorin kanssa ja vuorostaan saa datansa järjestelmässä sijaitsevalta PLC:ltä (OPC UA- server). Lopputuloksena on Tia Portal- näkymä, joka lukee datansa datahistoriasta. Tätä tiedonsiirtoa on havainnollistettu kuvassa 57. (Automation Online, 2022; Electrical Automation Hands-On, 2019; Opcti, 2020; SCADA, 2015.)



Kuva 57. Havainnollistus (mukailien Siemens, 2023a)

Käyttäjät pystyvät esimerkiksi tallentamaan käyttöönoton aikana toimintaansa omalle koneelle OPC UA clientin avulla ja ongelman sattuessa käyttävät Exceliä valitakseen tarkkailtavan ajankohdan ja lähettämään tämän tiedon PLC-emulaattorille, johon käyttöönottaja sitten kytkeytyy kiinni ja avaa TIA Portalin ja siirtyvät online-tilaan. Tuloksena on kuin pysäytetty kuva TIA Portal projektista, joka näyttää halutun ajan kohdan tilanteen PLC:ssä. Toteutus on kaikkea muuta kuin helppo ja vaatii paljon työtä, varsinkin Excel:n osalta. Koko järjestelmä vaatii monen ohjelman käyttöä samanaikaisesti (Datankerääjä, Excel, PLC-Emulaattori, kaksi TIA Portal- projektia). Tämän lisäksi sopivaa Excel-taulukkoa ei välttämättä ole olemassa ja sen rakentamiseen tarvitaan paljon työtunteja, jotta siitä saadaan sopiva RMP:n käyttöön. Tosin, kun taulukkopohjan saa valmiiksi, sitä tarvitsee muokata vain vähän seuraaviin projekteihin. Toteutuksen etuna on, että se ei vaadi uusien lisenssien tai ohjelmien ostoa yritykselle. Kulueräksi tulee vain sopivan Excel-pohjan luonti. (Automation Online, 2022; Electrical Automation Hands-On, 2019; Opcti, 2020; SCADA, 2015.)

Ongelmana on myös tällaisen järjestelmän käytettävyys ja työkuormitus käyttöönotossa. Jos ja kun käyttöönoton aikana ohjelmaan tulee muutoksia (esimerkiksi osoitemuutokset), pitää emulaattori- PLC:n ohjelma päivittää myös ja ladata emulaattoria pyörittävälle tietokoneelle. Tällaisessa ratkaisusta on mahdollista kehittää tulevaisuudessa kätevä työkalu, mutta tällä hetkellä järjestelmä ei ole sopiva RMP:n käyttöön.

4.7 Hylättyjä vaihtoehtoja

Internetissä suositeltuja järjestelmiä oli useita, mutta osa niistä ei sopinut RMP:n käyttöön monestakin eri syystä. Yleisin syy oli visuaalisen puolen puuttuminen. Monet kehittäjät myivät tuotteita, jotka käsittelevät dataa hyvin, mutta eivät ilmaise tätä visuaalisesti mitenkään. Data tallennetaan siis tietokantaan, josta käyttäjän on itse kaivettava haluttu data. Tähän syynä on se, että ilmaisia kehitystyökaluja löytyy internetistä helposti, minkä takia oman dataloggaajan tai historoitsijan kehittäminen on helppoa. Visuaalisen puolen kehittäminen on vaikeampaa.

Toinen syy oli liian isot kokonaisuudet. Monet tuotteet olivat enemmänkin tuotepaketteja, jotka sisälsivät mm. HMI-paneeleja ja tehdasjärjestelmän valvontajärjestelmiä. Hakemalla internetistä "datahistorian", tulokseksi tulee ERP- ja MES-järjestelmiä, joihin kieltämättä datahistoroitsijat parhaiten soveltuvat. RMP tarvitsee kevyemmän järjestelmän, jota voidaan hyödyntää käyttöönotossa.

Muita syitä tuotteen kelpaamattomuudelle oli käyttötarkoituksen eroavaisuudet RMP:n käyttöön. Järjestelmien tuen/kehityksen loppuminen ja tähän tutkimukseen käytettyjen tuntien rajallinen määrä. Tutkimuksesta olisi voitu tehdä monin kerroin pidempi ottamalla mukaan useampi vertailtava kohde.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Eroavaisuuksien etsintä oli hankalampaa kuin kuvittelin. Järjestelmät ovat loppujen lopuksi hyvin samankaltaisia keskenään, mistä kertoo se, että mitään selkeää suositusta ei internetistä löydä vaan ehdotuksia tulee useita erilaisia. Tutkimus tuo esille suosituimpia ja RMP:lle sopivia järjestelmiä, mutta ei selvennä niiden välisiä eroja. Tämä johtuu pitkälti OPC UA protokollan universaaliudesta. Samat toiminnot löytyvät jokaisen kehittäjän järjestelmästä, eikä niillä ole tarvetta muuttaa toimintaa. Järjestelmien tehokkuus on pitkälti ohjelmistokehittäjien ohjelmointiin perustuva ja siihen, miten hyvin ohjelma on optimoitu toimimaan tietokoneella. Isoimmat erot löytyvät visuaalisuudesta. Yleisesti ottaen uudemmat järjestelmät ja isommat kehittäjät panostavat visuaalisuuteen enemmän.

Tutkimuksen vertailuosuutta vaikeutti se, että eri kehittäjät käyttävät samoista asioista eri nimiä ja ristiin niin että nimellä x tarkoitettu asia tarkoittaa jotain toista asiaa toisen kehittäjän tuotteessa. Pitää myös huomioida, että monet tutkimuksen tiedot ovat suoraan kehittäjiltä. Kuinka luotettavana voidaan pitää kehittäjän sanaa järjestelmän toiminnasta? Tutkimus vaatisi vielä käytännön tutkintaa. Useat kehittäjät tarjosivat demo -versioita ohjelmistaan ja jos RMP haluaa jatkaa tuotteiden tutkimista, nämä demo -versiot olisivat ehdottomasti seuraava askel.

5.1 Vapaasti sanoitettu vertailu

Tutkimuksen alussa määriteltiin viisi kriteeriä, jotka järjestelmän täytyy täyttää. Jokainen vertailtu järjestelmä käyttää hyödykseen OPC UA-protokollaa, ja jotkin tarjosivat tukea vielä vanhemmillekin tiedonsiirtoprotokollille. Jokainen järjestelmä pystyy hallitsemaan RMP:n käyttämiä tagimääriä ilman, että sen viive haittaisi RMP:n projekteissa käytettävää 15–20ms ohjelmasykliä. Yksi näistä mainosti jopa 100ns resoluutiota.

RMP:n kolmas kriteeri oli datan tallennuksen kohde. Data täytyy tallettaa tietokantaan. Jokainen vertailun järjestelmä pystyy tallentamaan datansa moneen eri tietokantatyyppeihin, ja jotkin tarjoavat tallentamista jopa pilveen. RMP:n neljäs kriteeri oli järjestelmien kyvykkyydestä käsitellä RMP:lle tyyppillisiä tagimääriä. Jokainen vertailtava kohde täydensi tämän kriteerin. Viidennessä kriteerissä on eniten epäselvyyttä. Datahistoroitsijan käyttöliittymän ja käyttökokemuksen laatua on mahdotonta määritellä ilman järjestelmän käytännön testaamista.

Jokainen vertailtu järjestelmä salli kuitenkin olennaisimmat toiminnot:

- Tallennettavien tietojen dynaaminen määrittely mukaan lukien
- tiedon tallennuksen aikaväli
- tallennettavat muistipaikat
- muistipaikat, joita seurataan ja joiden ollessa tietyissä arvoissa halutut (triggerit), ne tallennetaan

Kehittäjien ilmoittamista järjestelmävaatimuksista ei löytynyt muuta tietoa kuin että Windows ja Linux tietokoneet ovat sopivia lähes jokaiselle tuotteelle. Nämä vaatimukset tosin ovat todennäköisesti suurin piirtein samaa luokkaa kuin Proficy Historian, jolloin vaatimukset tuskin tulevat vaikuttamaan mitenkään olennaisesti sopivan datahistoroitsijan valintaan. Vaatimukseen vaikuttaa käytettävien tagien määrä, mikä on RMP:n projekteissa suhteellisen vähäinen, jolloin voidaan olettaa, että heikoimmatkin tietokoneet pystyvät pyörittämään datahistoroitsijoita.

Käyttönoton kannalta ongelmaksi nousee myös Siemens:n logiikoiden pullonkaula. Onko 200ms liian hidas tahti verrattuna 15–20ms ohjelmakiertoon? Jääkö tämän takia joitain arvон muutoksia lukematta? Tätä pitäisi kokeilla käytännössä, jolloin tiedettäisiin myös tarkemmin, onko tuo TIA Portalissa mainittu 200ms oikeasti 200ms vai arvio.

RMP:n tarvitsee tutkia sisäisesti, onko järjestelmän käytöstä enemmän haittaa kuin hyötyä. Jokaisen kehittäjän tuote vaatii jonkinlaista perehdytystä,

käyttöönottoa ja käyttöä, jotka kaikki vievät resursseja pois itse ohjelmoinnista ja muusta työstä, jota projektille tehdään.

6 LOPPUSANAT

Tiivistetysti sanottuna datahistoroitsijasta on hyötyä satunnaisissa ongelmatilanteissa sekä loppuasiakkaalle myytävän tuotteen parantamisessa (datahistoroitsijan jäädessä asiakkaan käyttöön), mutta se vaatii paljon resursseja toimintaansa sekä työntekijän työtunteja että rahaa.

Datan tallennuksen merkitys on kasvamassa kovaa vauhtia teollisuuden muuttuessa ja sitä kuvastaa hyvin datahistoroitsijoiden vaihtoehtojen määrä. Tutkimuksessa huomattiin, että monet valmistajat ovat lakanneet päivittämästä tuotteitaan ja sen huomaa tuotteiden ulkoasussa ja käytettävyydessä. Ehkä alemman tason datankerääminen, kuten esimerkiksi RMP:n käyttöönoton ongelmatilanteiden ratkomiseen ei ole kovinkaan yleistä maailmalla, vaan dataa kerätään tehtaan korkeammalle tasolle, missä dataa käytetään täysin eri tarkoitukseen. Tämän takia sen esitysmuoto on erilainen kuin alemmalla tasolla. Tutkimuksessa jouduttiin myös toteamaan, että tuotteista ei löydy ylen määrin tietoa valmistajien nettisivuilta vaan tieto on salattua tai sitä ei haluta mainostaa. Vain harvasta löytyi tarpeeksi tietoa syvään analyysiin.

Hyviäkin vaihtoehtoja on, mutta jokainen vaihtoehto tuo lisää työtä käyttöönottajalle. Käyttöönottaja joutuu miettimään datahistoroitsijan hyödyn suhdetta menetettyihin työtunteihin. RMP:n kannattaisi seuraavaksi tutustua tässä tutkimuksessa esiin tuotujen järjestelmien demo- versioihin. Loppujen lopuksi se mikä tuote RMP:lle sopii, selviää vain kokeilemalla.

LÄHTEET

Asmala, H. (13.2.2023a). Ohjelmoitavat logiikat. [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle.
<https://moodle3x.samk.fi/>

Asmala, H. (10.2.2023b). OPC UA 2021. [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle.
<https://moodle3x.samk.fi/>

Asmala, H. (13.2.2023c). Terminologiaa kenttäväyliin [PowerPoint-diat]. SAMK Moodle.
<https://moodle3x.samk.fi/>

Atmos international. (2019). SCADA, advanced applications and control room management applications – heart, brain & soul of your control room! Haettu 25.4.2023.
<https://www.atmosi.com/us/news-events/blogs/scada-advanced-applications-and-control-room-management-applications-heart-brain-soul-of-your-control-room/>

Automation Online. (29.5.2022). SIEMENS TIA PORTAL Datalogging – How to read and write data in CSV? [video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=jnArbudOOck>

AVEVA. (2020). Historian Concepts Guide. Formerly Wonderware. Haettu 20.3.2023.
<https://cdn.logic-control.com/docs/aveva/historian/HistorianConcepts.pdf>

AVEVA. (2023a). Aveva Historian. Datasheet. Haettu 20.3.2023.
https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet_AVEVA_Historian_22-07.pdf

AVEVA. (2023b). AVEVA Historian. Process database integrated with operations control enabling access to your process, alarm, and event history data. Haettu 20.3.2023. <https://www.aveva.com/en/products/historian/>

AVEVA. (2023c). Success Stories. Haettu 20.3.2023.
<https://www.aveva.com/en/perspectives/success-stories/>

Berg, C. (2022). What Are Data Historians and Do You Need One? Haettu 2.3.2023.
<https://www.clarify.io/learn/data-historian>

CCI. (2023). CCI Cake. Haettu 3.3.2023.

<http://www.controlconsulting.com/products/data-historian/>

C3.ai. (2023). Data Historian. What is A Data Historian? Haettu 2.2.2023.

<https://c3.ai/glossary/features/data-historian/>

Electrical Automation Hands-On. (27.12.2019.) COM03 OPC UA – Microsoft Excel (OPC UA Client) and PLC (OPC UA Server) [video]. Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=5JB2mVu_Jbk

Eren, H. (2012). Data Historian. ResearchGate. Haettu 20.4.2023.

<https://www.researchgate.net/publication/294885293>

Factry. (2022). Factry Historian. Replace hindsight with insight. Haettu

2.5.2023. <https://www.factry.io/thankyou/historian-brochure/>

Factry. (2023a). A successful pilot project thanks to real-time data insights.

Haettu 2.5.2023. <https://www.factry.io/use-cases/nordicwater-pilot-project/>

Factry. (2023b). Factry Historian. The open data management platform for

Industry 4.0. Haettu 2.5.2023. <https://www.factry.io/historian/>

GE Digital. (2016). About the Historian OPC UA HDA Server. Haettu 11.11.2022.

https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/historian-hd-from-ge-digital-datasheet-20160903.pdf

GE Digital. (2019a). Proficy Historian and Operations Hub: Data Analysis in Context. Haettu 11.11.2022.

https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/GE-Historian-and-Operations-Hub-white-paper.pdf

GE Digital. (2019b). Why pay high prices for your data historian? Save up to 90% with Proficy Historian. Haettu 11.11.2022.

<https://www.ge.com/digital/applications/proficy-historian/tired-paying-high-prices-your-data-historian>

GE Digital. (2019c). Historian Licenses. Haettu 11.11.2022.

https://www.ge.com/digital/documentation/historian/version2022/r_hgs_licenses.html

GE Digital. (2019d). Proficy Historian: Extract, Transfer, Load (ETL). Haettu 11.11.2022.

https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/proficy-historian-extract-transfer-load-white-paper.pdf

GE Digital. (2022a). Overview of Historian. Viitattu 11.11.2022.

https://www.ge.com/digital/documentation/historian/version2022/c_hgs_historian_overview.html

GE Digital. (2022b). Proficy Historian 2022. Getting Started Guide. https://www.ge.com/digital/documentation/historian/version2022/pdfs/getting_started_guide.pdf

GE Digital. (2023a). Hardware Requirements. Haettu 13.3.2023. https://www.ge.com/digital/documentation/historian/version2023/r_hardware_requirements.html

GE Digital. GE Digital. (2023b). Hear from our Proficy Historian Customers. Haettu 12.3.2023. <https://www.ge.com/digital/customers/proficy-historian>

GE Digital. (2023c). Proficy Historian for Cloud. Haettu 13.3.2023. <https://www.ge.com/digital/applications/proficy-historian-cloud>

GE Digital. (2023d). Proficy Operations Hub. Haettu 13.3.2023. <https://www.ge.com/digital/applications/hmi-scada/operations-hub>

Heikkilä, M. (2016). OPC UA automaation tiedonsiirrossa. [AMK-opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu]. Theseus. Viitattu 20.2.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2016061713162>

Huhta, J. (2017). Teollisuuden ohjaus- ja automaatioympäristön kyberturvallisuussuunnitelma. Haettu 12.12.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017122022296>

IBH Softech GmbH. (2023). IBH Link UA Quad Core. Viitattu 10.1.2023. https://www.ibhsoftec.com/epages/63444704.sf/en_GB/?ObjectPath=/Shops/63444704/Products/3220

IBM. (2023). What is Industry 4.0? Haettu 13.3.2023. <https://www.ibm.com/topics/industry-4-0>

Inductive Automation. (2018). What is HMI? Haettu 20.3.2023. <https://inductiveautomation.com/resources/article/what-is-hmi>

Inductive Automation. (2021). Ignition Historian. Overview, Configuration, and Implementation of Data Historian Functionality. Haettu 20.2.2023. <https://inductiveautomation.com/resources/article/ignition-historian>

Kangas, O. (2021). Kenttäväyläkommunikaatoratkaisut prosessiautomaation kenttäviestinnässä. [Kandidaatintyö, Oulun yliopisto]. Jultika. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202109289055>

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. (2009). Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.–2. painos. WSOYpro.

Keiski, Arto. (2016). OPC UA ja teollinen asioiden internet. Haettu 22.3.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201603092990>

Kingstar. (2019). Hierarchy of Industrial Automation Systems. Haettu 24.4.2023.

<https://kingstar.com/hierarchy-of-industrial-automation-systems/>

KVM Contractor. (2023). OPC UA HMI SCADA MES Panels. Industry 4.0 and Smart Manufacturing. Haettu 1.3.2023.

<http://www.kvmcontractor.com/cloud-automation/opc-ua-hmi-scada-mes-panels/>

Lahtonen, J. (2023). Henkilökohtainen keskustelu Raumaster Paper Oy:n Automation manager, Joni Lahtonen, kanssa.

Manditereza, K. (2018). OPC UA Information Modelling: The Glue That Binds Industry 4.0, Haettu 11.11.2023.

<https://www.linkedin.com/pulse/opc-ua-information-modelling-glue-binds-industry-kudzai-manditereza/>

Meijueiro, M., van der Merwe, N. & Collas, D. (2021). AVEVA System Platform. AVEVA Operations Management Interface (OMI). AVEVA Historian. Haettu 20.3.2023.

<https://www.ssi.gouv.fr/uploads/2022/02/anssi-cible-cc-2021-32en.pdf>

Open Automation Software. (2023a). Data Historian. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/products/data/data-historian/>

Open Automation Software. (2023b). Getting Started Siemens. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/getting-started/getting-started-siemens/>

Open Automation Software. (2023c). One Click OPC UA. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/data-sources/one-click-opc-ua/>

Open Automation Software. (2023d). Overview – Security. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/knowledge-base/overview-security/>

Open Automation Software. (2023e). Siemens Data Historian. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/products/data/siemens-data-historian/>

Open Automation Software. (2023f). Web HMI Wizard. Haettu 13.3.2023.

<https://openautomationsoftware.com/data-destinations/visualization-html5-web-application/web-hmi-wizard/>

Open Automation Software. (2023g). What is OAS? An overview of the Open Automation Software Platform. Haettu 11.4.2023.

<https://openautomationsoftware.com/what-is-oas/>

OPC Connect. (2023). Matrikon OPC UA Embedded SDK Certified. Haettu 12.12.2022.

<https://opcconnect.opcfoundation.org/2015/03/matrikon-opc-ua-embedded-sdk-certified/>

OPC Foundation. (2022a). What is OPC? Haettu 15.11.2022.

<https://opcfoundation.org/about/what-is-opc/>

OPC Foundation. (2022b). Classic. Haettu 15.11.2022.

<https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-classic/>

OPC Foundation. (2022c). Unified Architecture. Haettu 15.11.2022.

<https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/>

OPC Foundation. (2022d). Organization. Haettu 15.11.2022.

<https://opcfoundation.org/about/opc-foundation/organization/>

OPC Foundation. (2023a). UA Overview. Haettu 11.1.2023.

http://wiki.opcfoundation.org/index.php/UA_Overview

OPC Foundation. (2023b). 7.4.3 XML Encoding. Haettu 15.11.2022.

<https://reference.opcfoundation.org/v104/Core/docs/Part6/7.4.3/>

Opcti. (9.3.2020). PC Expert – Write Data to OPC Server using Excel [video].

Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=ulT8_IFnWA0

Oracle. (2023). What is Bid Data? Haettu 4.3.2023.

<https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data/>

Ordinal. (2023). SCADA and MES: the pyramids' secret. Haettu 4.4.2023.

<https://www.ordinal.fr/en/scada-and-mes-the-pyramids-secret.htm>

Peltokangas, Tomi; Käsäkoski, Janne. (2017). OPC UA -arkkitehtuurin toteutus ja testaus teollisuusautomaatiossa. Viitattu 20.1.2023

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7173-31-2>

Pyyskänen, S. (2013). Teollisuuden automaatio- ja ohjausjärjestelmät. Standardien valinta ja käyttö. Toim. Matti Sundquist. Haettu 12.2.2023

<https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1426/standardikirja.pdf>

RMP. (2023). Esimerkki RMP:n HMI:stä eräessä projektissa.

SCADA. (24.5. 2015.) Use Excel as realtime trend SCADA [video]. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=xLTEnd1u5Eo>

Siemens. (2023a). OPC UA Client Library for Microsoft Excel. Haettu 2.2.2023.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109748892/opc-ua-client-library-for-microsoft-excel?dti=0&lc=en-FI>

Siemens. (2023b). What are the system limits of the OPC UA Server with S7-1500 and S7-1200? Haettu 2.3.2023.
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109755846/what-are-the-system-limits-of-the-opc-ua-server-with-s7-1500-and-s7-1200-?dti=0&lc=en-BH>

Sipilä, K. (2019). Tulevaisuuden automaatiojärjestelmät. OPC UAN:n tietoturva ja pilvipalvelut. Opinnäytetyö. Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma. Centria ammattikorkeakoulu.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201904155034>

Softing Industrial Automation GmbH. (2023). Multiprotocol Gateway for Connecting Ethernet Controllers to Databases, Management Systems and IoT Solutions. Haettu 23.3.2023.
<https://industrial.softing.com/products/gateways/gateways-for-access-of-controller-data/echocollect-e.html>

Suomen Automaatioseura RY. (2010). OPC UA Information modeling. Haettu 20.12.2022.
https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1442/opc_6_hunkar_informati-onmodel-4.pdf

Tahvanainen, H. (2016). OPC UA performance evaluation. Master of Science in Technology. School of Engineering. Aalto University.
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20173/master_Tahvanainen_Heikki_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Techtarget. (2023). database (DB). Haettu 15.1.2023.
<https://www.techtarget.com/searchdatamanagement/definition/database>

Toradex. (8.2.2019). Develop Industry 4.0-ready OPC UA-enabled products with Toradex & Matrikon [video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=CQyYCZ4Cl6U>

Unified Automation. (2023). Address Space Concepts. Haettu 11.11.2023.
<https://documentation.unified-automation.com/uasdkcpp/1.7.3/html/L2UaAddressSpaceConcepts.html>

WellinTech. (2023). A Leading Industrial Real-Time Database KingHistorian. Haettu 20.2.2023.
<https://www.wellintech.com/product/kinghistorian>

Wipro. (2021). Looking into the Future of the Classic Data Historian. Haettu 20.4.2023
<https://www.wipro.com/blogs/lalit-kumar-pokharana/looking-into-the-future-of-the-classic-data-historian/>

8Sigma. (2021). ERP-MES-SCADA we are offering an all-in-one solution. Not!
Haettu 10.12.2022.
<https://8sigma.eu/erp-mes-scada-we-are-offering-an-all-in-one-solution-not/>