

# HP2-LINJAN AUTOMAATION UUSIMISEN ESISELVITYS

Raisa Junes

Opinnäytetyö

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

2023

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Insinööri (AMK)

---

<b>Tekijä</b>	Raisa Junes	<b>Vuosi</b>	2023
<b>Ohjaaja(t)</b>	Ins. (YAMK) Heikki Isometsä		
<b>Toimeksiantaja</b>	Outokumpu Stainless Oy Kunnossapitoinsinööri (sähkö) Juha Iisakka		
<b>Työn nimi</b>	HP2-linjan automaation uusimisen esiselvitys		
<b>Sivumäärä</b>	43 + 18		

---

Tämän opinnäytetyön aiheena on HP2-linjan automaation uusimisen esiselvitys. Työn toimeksiantajana toimi Outokumpu Stainless Oy. Outokummun Tornion tehtaiden kylmävalssaamalla, hehkutus- ja peittäuslinja 2:lla on ollut kunnossapidollisia ongelmia, koska vanhojen kenttälaitteiden rikkoontuessa ei väylä tunnista uusia laitteita, joissa on eri ohjelmistoversio. Työn tavoitteena oli selvittää, mitä uusimistarpeita linjalla on automaation osalta, millaisella aikataululla ne täytyy uudistaa ja millaisia tuotannon seisahduksia uusiminen mahdollisesti aiheuttaa. Tarkoituksena oli tutustua automaatiojärjestelmien toimintaperiaatteeseen ja varsinkin hajautettuun ohjausjärjestelmään, sen kommunikaatiotapoihin ja rakentamiseen. Linjalla on käytössä Siemensin SIMATIC PCS7 -ohjausjärjestelmä ja työssä keskityttiin niihin SIMATIC-tuoteperheen laitteisiin, jotka linjan toimintojen kannalta ovat oleellisia.

Työ aloitettiin tutustumalla yleisesti toimeksiantajaan sekä uudistamisen kohteena olevaan linjaan. Tämän jälkeen perehdyttiin automaatiojärjestelmien toimintaperiaatteeseen, erilaisiin kommunikaatiotapoihin, suunnitteluun ja elinkaareen kirjallisuuden ja internet-julkaisujen avulla. HP2-linjalla nykyisin käytössä olevaan järjestelmään sekä uusiin mahdollisuuksiin etsittiin tietoa Siemensin julkaisuista. Tarkemmin HP2-linjan automaatiojärjestelmän osiin tutustuttiin linjan alkuperäisen dokumentaation perusteella. Uusimisen tarpeita selvittäessä haastateltiin asiantuntijoita, jotka ovat olleet mukana rakentamassa alkuperäistä järjestelmää tai muuten työskennelleet järjestelmän parissa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi esiselvitys HP2-linjan automaatiojärjestelmän uudistamisesta. Työstä selviää, mitä on tarpeen tehdä ensimmäisenä ja millaisia tuotannon katkoksia uusiminen aiheuttaa. Linjan käyttövarmuuden varmistamiseksi ja kunnossapidon helpottamiseksi ohjelmistojen päivityksistä pitäisi huolehtia paremmin ja samalla työasemat täytyisi myös päivittää. Prosessiasemien ja I/O-hajautusyksiköiden osalta ei ole vielä kiirettä, koska Siemens antaa niille vielä vähintään 10 vuoden varaosatakuun. Asia on kuitenkin hyvä olla toimeksiantajalla tiedossa, jotta se voi hyvissä ajoin valmistautua esimerkiksi tilaamalla varaosia omaan varastoonsa ennen kuin varaosatuki päättyy.

<b>Avainsanat</b>	Outokumpu, automaatio, hajautettu ohjausjärjestelmä, esiselvitys
<b>Muita tietoja</b>	Työhön liittyy toimeksiantajalle toimitettu esiselvitys HP2-linjan automaation uusimisesta

Electrical and Automation Technics  
Bachelor of Engineering

---

<b>Author</b>	Raisa Junes	<b>Year</b>	2023
<b>Supervisor(s)</b>	Heikki Isometsä, M. Eng.		
<b>Commissioned by</b>	Outokumpu Stainless Oy Electrical Engineer Juha Iisakka		
<b>Title</b>	Feasibility Study for Renewal of Automation Systems in AP2 Line		
<b>Number of pages</b>	43 + 18		

---

The subject of this bachelor thesis is Feasibility study for renewal of automation systems in AP2 line. The subject was offered by Outokumpu Stainless Oy. Outokumpu Tornio works has had maintenance problems with annealing and pickling line 2 as the old system does not recognize new field devices with different software. The aim of this thesis was to study what kind of renewal needs the automation system has, what is the schedule for the renewal and what kind of production down time is required. The purpose was to get familiar with the operating principle of automation systems, especially distributed control system, its structure and ways of communication. The AP2 line uses Siemens SIMATIC PCS7 distributed control system. In this thesis the focus was in the SIMATIC products that are relevant for the line's operations.

The thesis was started by getting to know the commissioner and the operating line that needs renewal. After this the operating principle, different ways of communication, designing and life cycle of automation systems were studied. The source of information was literature and internet publications in the field of automation. The information of the AP2 line's current software and hardware as well as the information of new possibilities were searched from Siemens' publications. More profound study of AP2 line's systems was made by reading the original documents of the line. When sorting out the needs for renewal of the line experts, who have been planning the original system or who are otherwise familiar with it, were interviewed.

The result of this thesis was a feasibility study for the usage of the commissioner. The study shows what needs to be done first and what kind of down time can be expected of the renewal. To make sure that the line can operate in certainty in the future and for maintenance to become easier the software updates must be taken care of. Also, the operating stations need updating. The situation is not as critical what comes to other hardware, but Siemens has given a warning about the phase-out of some products that are used in the line. The commissioner should be aware of this and maybe prepare for it by getting spare parts while it is still possible in ten years of time.

<b>Keywords</b>	Outokumpu, automation, distributed control system, feasibility study
<b>Special remarks</b>	Thesis includes a feasibility study submitted to the commissioner

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	TOIMEKSIANTAJA OUTOKUMPU OYJ.....	8
2.1	Kemi-Tornion tehdasintegraatti.....	8
2.2	Kylmävalssaamo 1.....	9
2.3	Hehkutus- ja peittäuslinja 2.....	10
3	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT PROSESSITEOLLISUUDESSA.....	12
3.1	Toimintaperiaate.....	12
3.2	Rakenne.....	13
3.3	Hajautettu ohjausjärjestelmä.....	15
3.4	Kommunikaatio.....	17
3.5	Elinkaari.....	19
3.6	Ylläpito.....	21
4	SIEMENS SIMATIC S7.....	23
4.1	PCS7.....	23
4.2	Ohjelmistot.....	25
4.3	Komponentit.....	25
4.3.1	Työasemat.....	25
4.3.2	SIMATIC S7-400-sarja.....	26
4.3.3	SIMATIC ET 200M hajautus I/O.....	27
5	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN VIRTUALISOINTI.....	29
6	HP2-LINJAN JÄRJESTELMÄT.....	30
6.1	Linja-automaatio.....	30
6.2	Uunialue.....	33
7	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN VARAOSATILANNE.....	35
8	TUTKIMUSTULOKSET ESISELVITYSTÄ VARTEN.....	36
9	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET.....	43

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Outokumpu Stainless Oy:tä ja esimiestäni Juha Lisakkaa mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö hehkutus- ja peittäuslinja 2:lle. Tutkimukseni avulla olen saanut perehtyä tarkemmin vastuualueenani olevaan linjaan ja uskon siitä olevan paljon hyötyä työssäni aluetyönjohtajana. Kiitokset myös opinnäytetyöni valvovalle opettajalle, Heikki Isometsälle, ohjeistuksesta kirjoitustyön aikana.

Ilman asiantuntijoiden apua en olisi saanut opinnäytetyöni tuloksena syntynyttä esiselvitystä tehtyä. Kiitos kaikista ohjeista ja vinkeistä sekä ehdottomasti kärsivällisyydestä kuuluu Tero Lehtimäelle, Pekka Puikolle ja Ville Kannolle.

Viimeisenä mutta ei suinkaan vähäisimpänä haluan kiittää perhettäni, joka on kannustanut ja tukenut minua koko neljä vuotta kestäneiden opintojeni ajan.

Kemi 16.3.2023

Raisa Junes

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

APL	Advanced Physical Layer (kaksijohdin Ethernet)
DCS	Distributed Control System (hajautettu ohjausjärjestelmä)
EDD	Electronic Device Description (sähköinen laitekuvaus)
EPA	elektrolyyttipeittäus
ERP	Enterprise Resource Planning (toiminnanohjausjärjestelmä)
ES	Engineering Station (ohjelmointikone)
FF	Fieldbus Foundation
FAT	Factory Acceptance Test (tehdastestaus)
HP	hehkutus- ja peittäus
KYVA	kylmävalssaamo
MES	Manufacturing Execution System (tuotannon suunnittelun taso)
OS	Operating Station (operaattorikone)
PCS	Process Control System (prosessinohjausjärjestelmä)
PDA	Process Data Acquisition (prosessin tiedonkeruulaitteisto)
PDM	Plant Device Management (kenttälaitteiden hallintaohjelma)
PLC	Programmable Logic Control (ohjelmoitava logiikka)
SHA	sekahappo
TIA	Totally Integrated Automation (täysin integroitu automaatiojärjestelmä)
UPS	Uninterruptible Power Supply (keskeytymätön virransyöttö)

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan hajautettuun ohjausjärjestelmään. Opinnäytetyön toimeksiantajana on Outokumpu Stainless Oy – Tornion tehtaas. Tornion tehtaasden kylmävalssaamo 1:llä sijaitsevilla hehkutus- ja peittauslinja 2:lla on ollut kunnossapidollisia ongelmia. Uusia kenttälaitteita on ollut hankalaa saada toimimaan vanhojen rikkoontuessa. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millaisia toimia täytyy tehdä, jotta kunnossapito linjalla helpottuu. Samalla selvitetään miten linjan automaatiojärjestelmää tulisi uudistaa ajan mittaan, jotta vastaavilta ongelmilta vältyttäisiin myös tulevaisuudessa ja elinkaaren hyödyntämisvaihe olisi mahdollisimman pitkä. Toimeksiantajalla on ollut epäselvyyttä uusimistarpeiden laajuudesta ja mahdollisista uusimisen aiheuttamista katkoksista tuotantoon.

Opinnäytetyössä tutustutaan ensin toimeksiantajaan Outokumpu Stainless Oy:n, Kemi-Tornion tehdasintegraattiin sekä hehkutus- ja peittauslinja 2:n toimintoihin. Tutkimus keskittyy uunialue- ja linja-automaatioon ja ulkopuolelle jää linjan hitsauskoneen automaatiojärjestelmä. Niin ikään taustatyönä tutustutaan automaatiojärjestelmiin yleisesti, varsinkin hajautettuun ohjausjärjestelmään, joka on käytössä kyseisellä linjalla, sekä erilaisiin verkkoympäristöihin ja kommunikaatiotapoihin. Linjan ja uunin automaatiojärjestelmät on rakennettu käyttäen Siemensin SIMATIC-tuoteperhettä, joka on todella laaja kokonaisuus. Tässä opinnäytetyössä keskitytään niihin tuoteperheen osiin, jotka ovat linjan toimintojen kannalta olennaisia.

Automaatiojärjestelmää uusittaessa lähtökohtana on nykyinen järjestelmä ja sen dokumentaatio. Tietoa on haettu myös alan kirjallisuudesta, internet-julkaisuista ja webinaareista. Opinnäytetyön tekijälle työn tavoitteena on syventää tietämystä yleisesti ottaen automaatiojärjestelmistä ja tutustua varsinkin hehkutus- ja peittauslinja 2:n järjestelmään. Työn tuloksena syntyy esiselvitys, jonka avulla toimeksiantajalle selkenee tarpeelliset muutokset järjestelmään ja se voi alkaa suunnittelemaan aikataulua niiden toteuttamiseen. Esiselvityksen tekemiseen on haastateltu asiantuntijoita, jotka ovat olleet rakentamassa olemassa olevaa järjestelmää tai muuten työskennelleet linjan parissa. Esiselvitys tulee luottamuksellisena liitteenä tähän opinnäytetyöhön ja vain toimeksiantajan käyttöön.

## 2 TOIMEKSIANTAJA OUTOKUMPU OYJ

Outokumpu-konsernin historia alkaa vuodesta 1910, jolloin Pohjois-Karjalan Outokummusta löydettiin kupariesiintymä. Alkuvaikeuksien jälkeen kuparin tuotanto pääsi vauhtiin 1920-luvulla siirryttäessä koneelliseen massatuotantoon. Rautaprosessien pitkälinjainen tutkimus ja malmien jalostamiskokeilut johtivat ennen pitkää oivallukseen ruostumattoman teräksen valmistuksesta. Kemin kromiesiintymän löytymisen jälkeen avattiin Kemiin kromikaivos 1960-luvun alussa ja sen myötä Tornioon ferrokromitehdas 1968. Teräksen valmistamiseen tarvittavaa nikkeliä Outokumpu tuotti Harjavallan tehtaallaan. Laajentuminen jatkui Tornion jaloterästehtaalla vuonna 1976, ja 1980-luvun alkupuolella teräs oli jo myynnissä kirinyt Outokummun silloisen päämetallin kuparin rinnalle. 1990-luvulla tehtiin strateginen päätös keskittymisestä ruostumattoman teräksen tuotantoon. (Särkköskoski 2005, 15-19.)

Nykyään Outokummulla on toimintoja yli 30 maassa ja sen palveluksessa on noin 10 000 työntekijää. Tuotantoyksiköitä sijaitsee Suomen lisäksi Ruotsissa, Saksassa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Meksikossa. (Outokumpu Oyj 2022b.)

### 2.1 Kemi-Tornion tehdasintegraatti

Vuosien saatossa Outokumpu on rakentanut, laajentanut ja kehittänyt toimintaansa Kemi-Tornio alueella niin, että tänä päivänä alueella sijaitsee maailman integroitunein ruostumattoman teräksen valmistaja. Tehdasalueeseen Tornion Junkkalanniemessä (kuvio 1) sisältyy sulatto, kuumavalssaamo, kylmävalssaamot sekä katkaisu- ja halkaisulinjat. Outokumpu Shipping Oy hoitaa Tornion Röyttän sataman toimintoja mahdollistaen teräksen kuljettamisen meriteitse sekä Outokummun jatkojalostustehtaalle Hollannin Terneuzeniin että suoraan asiakkaille ympäri maailman. Ruostumattoman teräksen tehdastoimintojen lisäksi Torniossa toimii edelleen Outokummun ferrokromitehdas ja Kemin kaivokselta saadaan kromimalmia teräksen valmistamiseen. Suurin osa Tornion tehtaiden tuotteista on austeniittista ja ferriittistä ruostumatonta terästä. Outokumpu työllistää Kemi-Tornio alueella suoraan noin 2100 henkilöä. (Outokumpu Oyj 2022a.)



Kuvio 1 Outokummun Tornion tehtaat (Outokumpu Oyj 2022b)

## 2.2 Kylmävalssaamo 1

Tornion tehdasalueella sijaitsee kaksi kylmävalssaamoja KYVA1 ja KYVA2. Kylmävalssaamoilla tapahtuu kuumavalssattujen teräsnauhojen jatkokäsittely. KYVA2:lla sijaitsee vain yksi linja, RAP (rolling, annealing, pickling), joka on integroitu valssaus-, hehkutus- ja peittäuslinja. KYVA1:llä on yli 20 eri toimintoihin keskittyvää tuotantolinjaa. Kuviossa 2 on esitetty pääpiirteittäin kylmävalssaamon toiminnot. (Outokumpu Oyj 2022b.)

### Kylmävalssaamo – levyn ja nauhan viimeistely



Kuvio 2 Kylmävalssaamon toiminnot (Outokumpu Oyj 2022c)

Ensimmäiset käsittelylinjat kuumavalssatuille teräsnauhuille KYVA1:llä ovat hehkutus- ja peittäuslinjat 1 ja 3. Niillä nauha ensin hehkutetaan teräksen sisäisen rakenteen tasaamiseksi. Tämän jälkeen nauha kulkee kuulapuhalluksen ja peittäusaltaiden läpi ja kääritään lopuksi uudestaan rullalle. Käsitelty nauha voidaan

täältä lähettää suoraan asiakkaalle tai jatkokäsittelä sitä lisää kylmävalssaamalla. Näissä tapauksissa nauha menee seuraavaksi Sendzimir-valssaimille kylmävalssaukseen minkä jälkeen niitä mahdollisesti käsitellään vielä useaan otteeseen käsittelylinjoilla 1, 2 ja 4. Jokaisen käsittelyn tarkoitus on saada nauhasta laadullisesti ja määrällisesti asiakkaan tilauksen mukaista lopputuotetta. (Mehtälä 2019, 23-24.)

Kylmävalssaamon kapasiteetti on 1,2 miljoonaa tonnia vuodessa. Näistä 750 000 tonnia on kylmävalssattuja tuotteita ja 450 000 tonnia kirkkaita kuumanauhoja eli kertaalleen peitattuja mutta ei kylmävalssattuja nauhoja. Kylmävalssaamalla työskentelee 750 henkilöä. (Outokumpu Oyj 2022b.)

### 2.3 Hehkutus- ja peittäuslinja 2

Hehkutus- ja peittäuslinjalla 2 suoritetaan kylmävalssatun nauhan uudelleen hehkutus ja peittäus. Kuvio 3 havainnollistaa eri vaiheiden järjestyksen.



Kuvio 3 HP2-linjan toiminnot (Mehtälä 2019, 27)

Aukikelauksesta tuleva nauhan pää siirtyy hitsauskoneelle, missä se liitetään edellisen nauhan loppupäähän. Tämän jälkeen nauha ajetaan ensin rasvanpoiston läpi. Siellä nauhan pinnasta poistetaan kylmävalssauksessa siihen jäänyt valssausöljy alkalisella pesuliuksella. Seuraavaksi nauha hehkutetaan kuumaksi uunissa mekaanisten ominaisuuksien palauttamiseksi ja jäähdytetään vedellä ja ilmalla. HP2-linjalla on kaksi elektrolyyttipeittäysallasta. Ensimmäisessä näistä peittäus tapahtuu natriumsulfaattiliuoksen avulla ja toisessa tehdään typpihappoelektrodipeittäus. Näistä jälkimmäinen suoritetaan vain tietyille ferriittisille teräslaaduille. EPA-peittäuksen jälkeen tehtävää sekahappopeittäystä ei tehdä typpihappoelektrodipeittäuksen läpikäyville laaduille. HP2-linjalla sekahappo koostuu typpihapon, fluorivetyhapon ja veden seoksesta. Viimeisimpänä, ennen

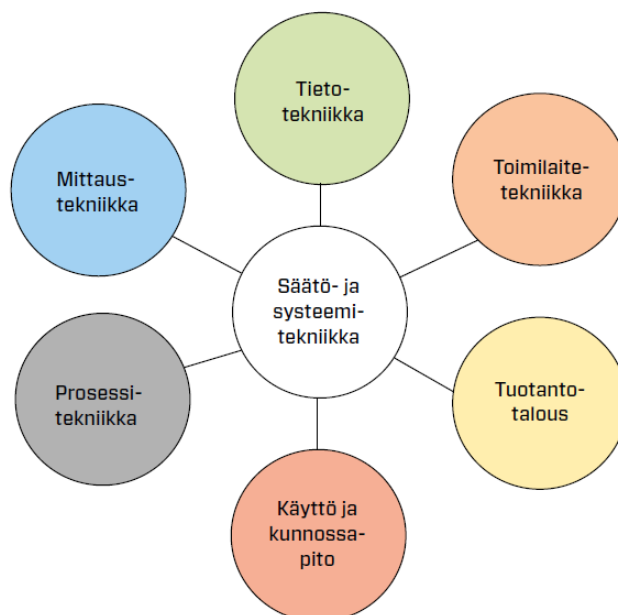
päällekelausta, loppuhuuhtelultaassa nauhasta pestään sekahappotauksessa siihen jääneet peittausliuokset. (Mehtälä 2019, 26-27.)

### 3 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT PROSESSITEOLLISUUDESSA

#### 3.1 Toimintaperiaate

Ajanlaskumme alusta saakka on ihminen kehittänyt erilaisia tekniikoita, joiden avulla jokapäiväisestä elämästämme tulisi helpompaa. Automaatiojärjestelmien tarkoituksena on hallita erilaisia prosesseja, koneita ja laitteita ilman ihmisen jatkuvaa valvontaa ja ohjausta. Monissa tilanteissa automaattista toimintaa vaatii myös sellaisten sovellusten hallinta, joihin ihmisen reaktiokyky ei riitä. (Koskinen 2017, 4.)

Nykyaikana automaatiotekniikkaa toteutetaan tietotekniikan avulla. Prosessien ja laitteiden toimintaa mitataan erilaisilla antureilla ja mittaustieto jaetaan lähettimien avulla automaatiojärjestelmään. Järjestelmä käsittelee saamansa tiedon ja tekee prosessiin tai laitteen toimintaan tarvittavat muutokset sille ohjelmoidun ohjeen mukaisesti. Anturit ja lähettimet ovat ikään kuin järjestelmän tuntoaisteja, jotka lähettävät aivojen kautta ohjeen toimilaitteille eli prosessin lihaksille. Automaatiotekniikka on poikkitieteellistä tekniikkaa, jonka keskiössä ovat systeemi-tekniikka ja säätötekniikka (kuvio 4). Näitä ympäröiviä eri osa-alueita täytyy pystyä hallitsemaan riittävästi, jotta sovellus olisi onnistunut. (Koskinen 2018, 8-9.)



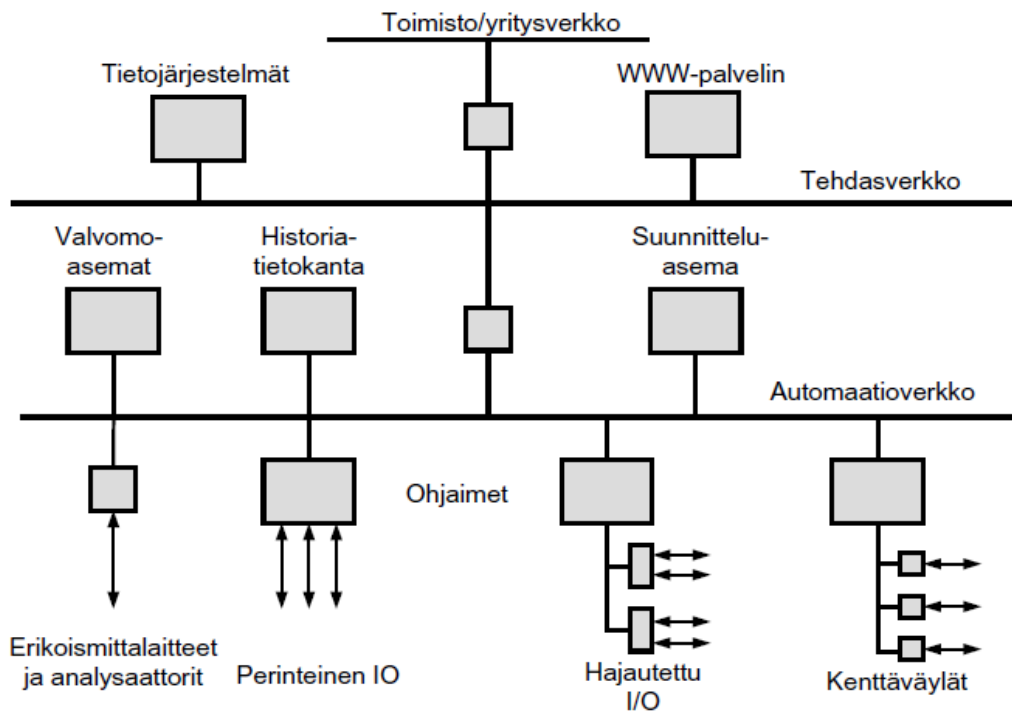
Kuvio 4 Automaation poikkitieteellisyys kaaviona (Koskinen 2018, 9)

### 3.2 Rakenne

PSK 4601 -standardin mukaan automaatiojärjestelmä koostuu automaatiolaitteista ja ohjelmistoista, jotka toteuttavat prosessin hallintaan liittyviä ohjaus- ja säätötoimintoja. Siihen ei lueta kuuluvaksi kenttälaitteita tai kaapelointeja. (PSK 4601 1996, 3.)

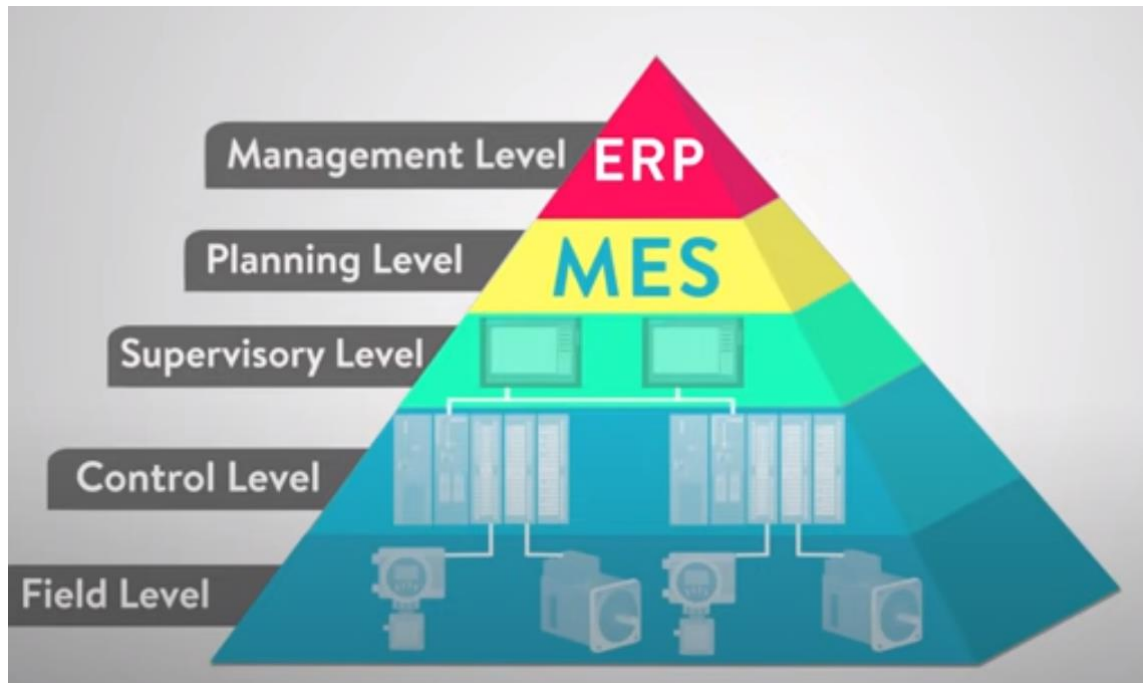
Rajanveto automaatiojärjestelmään kuuluvien osien suhteen on kuitenkin jossain määrin vaihteleva, koska Suomen Automaatioseura ry:n julkaiseman Automaatio suunnittelun prosessimallin mukaan ”Fyysisesti automaatiojärjestelmä muodostuu erilaisista automaatiolaitteista, kuten antureista, toimilaitteista, ohjaimista, käyttöliittymälaitteista ja tiedonsiirtolaitteista.” (Suomen automaatioseura ry. 2007, 10.)

Yksi tapa tarkastella automaatiojärjestelmän rakennetta on jakaa järjestelmä eri tasoihin (kuvio 5). Alimmalla tasolla on instrumentointi, seuraavalla prosessin ohjaus ja ylimmällä tasolla hallinnon tietojärjestelmät. (Suomen automaatioseura ry. 2007, 10.)



Kuvio 5 Automaatiojärjestelmän fyysinen rakenne (Suomen automaatioseura ry. 2007, 10)

Järjestelmän rakennetta voidaan tarkastella myös toiminnallisessa muodossa, joka on hyvin yleinen tapa kuvata automaatiojärjestelmää. Siinä järjestelmä esitetään pyramidina (kuvio 6), jonka alaosa rakentuu kenttätasosta ja ylimpänä kerroksena on tuotannosuunnittelu. Näiden väliin sijoittuu kolme muuta kerrosta, joilla jokaisella on omat toimintonsa. (Cope 2018.)



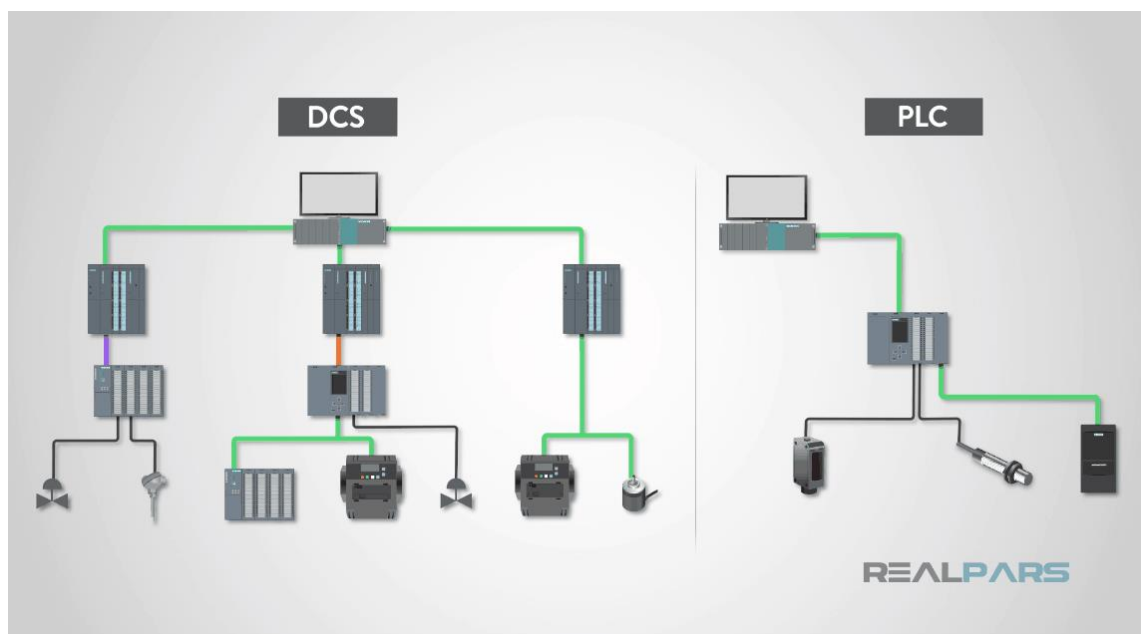
Kuvio 6 Automaatiopyramidi (Cope 2018)

Alimpana pyramidissa on kenttätaso eli laitteet, jotka sijaitsevat kentällä. Nämä tekevät fyysisen työn ja ovat kytköksissä suoraan prosessiin. Seuraavalla pyramidin askelmalla sijaitsee ohjaustaso. Tästä puhutaan myös ”ykköstasona” ja siellä sijaitsevat ohjaus- ja säätölaitteet. Ohjelmoitavat logiikat, hajautetut järjestelmät tai PID-säätimet ohjaavat kenttälaitteita toisilta kenttälaitteilta saamiensa ärsykkeiden mukaan. Kolmantena pyramidissa, ”kakkostasolla”, valvotaan prosessia ja hoidetaan kommunikaatiota alemman ohjaustason ja ylempien tasojen välillä. Toiseksi ylimmällä tasolla automaatiopyramidissa on tuotannon suunnittelun taso. Tätä kutsutaan nimellä MES, joka on lyhenne sanoista manufacturing execution system. MES-tasolla valvotaan koko tuotantoprosessia raaka-aineesta lopputuotteeseen saakka. Tietojen avulla voidaan suunnitella aikatauluja tuotannolle, kuljetuksille, varastoinnille jne. Pyramidin huipulla on yritystaso, jota kutsutaan myös ERP-tasoksi. ERP (enterprise resource planning) -tasolla yrityksen

yllin johto ohjaa toimintaa. Sisäisten yhteyksien lisäksi tällä tasolla voidaan kontrolloida myös yrityksen ulkopuolisia toimintoja, kuten myyntiä ja markkinointia. (Cope 2018.)

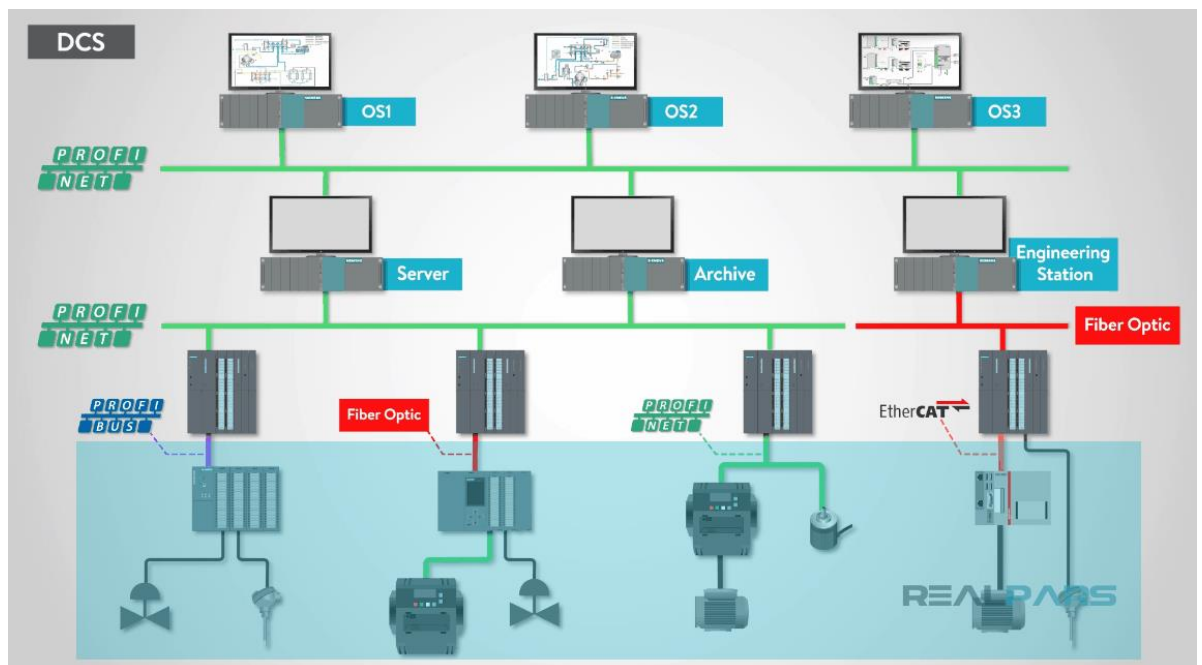
### 3.3 Hajautettu ohjausjärjestelmä

Nimitystä hajautettu ohjausjärjestelmä käytetään automaatiojärjestelmästä, jolla pystytään valvomaan ja ohjaamaan useita eri prosesseja samanaikaisesti. Järjestelmästä käytetään lyhennettä DCS, mikä tulee sanoista distributed control system tai decentralized control system. Ennen DCS-järjestelmää yksittäisiä prosesseja hoidettiin PLC-järjestelmillä (programmable logic controller) mutta ne eivät vielä silloin pystyneet vastaamaan laajojen kokonaisuuksien vaatimuksiin. Kun PLC-järjestelmän avulla voitiin pelkästään kontrolloida toimintoja, antoi DCS mahdollisuuden myös prosessin laajempaan valvontaan (kuvio 7). Tällöin mahdollistettiin myös esimerkiksi turvajärjestelmien yhdistäminen samaan järjestelmään mikä nykyaikana on erittäin tärkeää. PLC:tä käytetään edelleenkin sekä yksinkertaisempien tuotantoympäristöjen tarkoituksiin että verkkoympäristöjen kehittymisen myötä myös laajempien kokonaisuuksien hallintaan, koska ne ovat hinnaltaan edullisia. (Anderson 2019.)



Kuvio 7 DCS- ja PLC-järjestelmien erot (Anderson 2019)

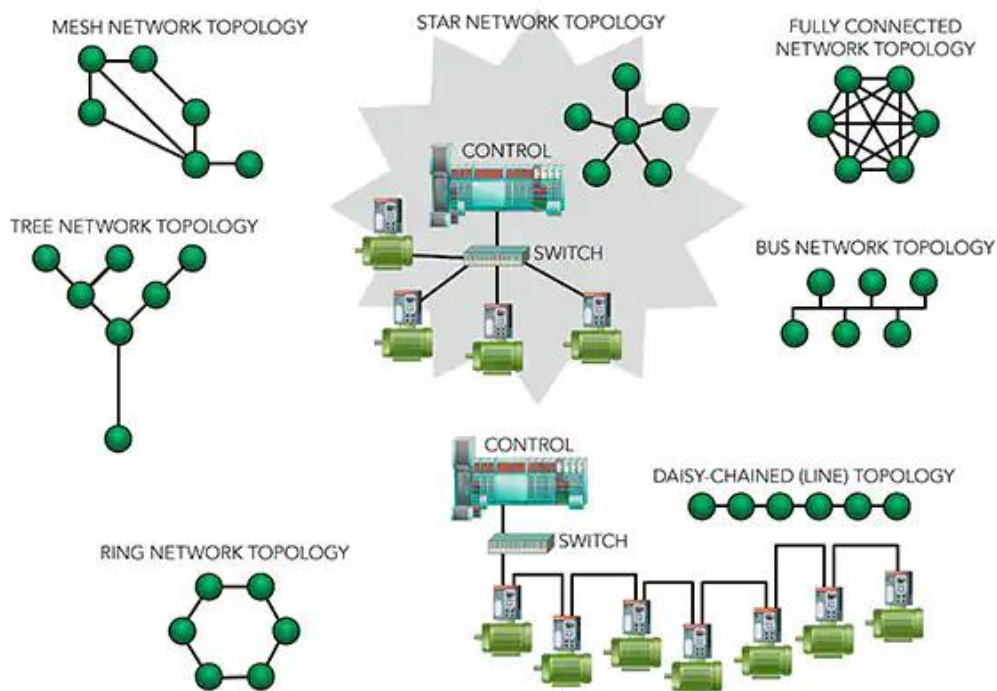
DCS-järjestelmään kuuluu tyypillisesti operaattori-, serveri-, arkistointi- ja insinööri-riaset. Näiden lisäksi ohjaimet ja kenttälaitteet kuuluvat järjestelmään. Kuviossa 8 ylimmällä tasolla sijaitsevat operaattoriasemat ovat nimensä mukaan operaattoreiden eli prosessinhoitajien työvälineitä. Näillä koneilla prosessin toimintoja, varoituksia ja hälytyksiä seurataan sekä ohjataan. Seuraavalla tasolla ovat tietoja prosessista keräävät ja sitä jakavat serverit, tietoa ja prosessin tapahtumia arkistovat koneet sekä insinöörikoneet, joiden kautta ohjelmistoihin, laitekokoaisuuksiin ja operaattorikoneiden graafisiin esityksiin voidaan tehdä muutoksia. Ohjausyksiköt valvovat ohjelmoitavia logiikkayksiköitä ja jakavat tietoa servereille. Tässä kohtaa järjestelmää voi kommunikaatioprotokolla muuttua Ethernetistä esimerkiksi Profibusiksi tai muuksi väyläksi riippuen kenttälaitteiden vaatimuksista. Pitkille yhteyksille voidaan käyttää kuitukaapelia nopean ja häiriöttömän tiedonkulun varmistamiseksi. Ohjelmoitavien logiikkayksiköiden lisäksi kenttätasolla sijaitsevat myös esimerkiksi I/O-moduulit, anturit, lähettimet, venttiilit ja moottorit. (Anderson 2019.)



Kuvio 8 DCS-järjestelmän tasot (Anderson 2019)

### 3.4 Kommunikaatio

Automaatiojärjestelmän verkkoympäristö muodostuu useista toisiinsa yhteydessä olevista solmuista eli tietokoneista, ohjaimista ja laitteista. Verkkoympäristö voidaan rakentaa usealla eri tavalla (kuvio 9), ja käytettävä rakenne eli topologia vaikuttaa siihen, miten nopeaa ja vakaata kommunikointi järjestelmässä on ja kuinka hyvin se reagoi vikatilanteisiin ja toipuu niistä. Tyypillisiä topologiatyyppejä ovat väylä-, tähti- ja rengastopologia, joilla jokaisella on omat toteutustansa sekä hyvät ja huonot puolensa. Joskus eri topologioita voidaan myös yhdistellä parhaimman lopputuloksen aikaan saamiseksi. (Hamill 2020, 6-9.)



Kuvio 9 Teollisuusverkkotopologiatyyppejä (Digi-Key 2022)

Tapaa, jolla tietoa siirretään verkkoympäristössä olevien laitteiden välillä, kutsutaan protokollaksi. Koska laitteet eivät ole aina saman valmistajan tuotteita, on tiedonsiirron mahdollistaminen varmistettu standardisoimalla protokollat. Ethernet on hyvä esimerkki siitä, miten, internetin ja muidenkin verkkoympäristöjen kasvun myötä, yhteisen protokollan edut huomattiin myös laitevalmistajien keskuudessa. Pitkien sopimusneuvotteluiden ja yhteistyön tuloksena laitevalmistajat ovat saaneet luotua avoimia protokollia loppukäyttäjien hyödyksi. Se, millaista

tietoa on tarkoitus välittää, vaikuttaa protokollan valintaan. Esimerkiksi tehdasympäristössä suurin osa välitettävästä tiedosta liittyy analogisiin ja digitaalisiin tulo- ja lähtötietoihin. Automaatiolaitteiden valmistajat, yhdessä järjestäytyneiden tekniikan alan ammattikuntien kanssa, ovatkin vahvasti olleet mukana tarkoitukseen sopivien protokollien kehittämisessä. Tästä esimerkkinä saksalaisen koulutus- ja tutkimusministeriön luoma ja Siemensin käyttämä Profibus sekä amerikkalaisen ISA-järjestön (The International Society of Automation) kehittämä Fieldbus Foundation. (Hamill 2020, 3, 5-6.)

Kehitys on edelleen jatkuvaa, ja uusia, nopeampia ja tehokkaampia yhteyksiä luodaan koko ajan. Viimeisen 40 vuoden aikana on siirrytty ensin pneumaattisista laitteista sähköisiin virta- ja jänniteviestejä lähettäviin. Seuraavaksi digitaaliset laitteet ja niille kehitetyt protokollat ovat tulleet markkinoille. Siirrettävän tiedon määrä on kasvanut koko ajan. Nykyään Ethernetin hoitaessa automaatiopyramidin ylempien kerrosten tiedonkulkua on kenttätason tiedonkulku ollut muiden protokollien, kuten Profibusin, mA/Hartin ja Fieldbusin varassa. Tämä on koettu ongelmaksi kenttätason ja ylempien tasojen kommunikaation välillä. (Eidman 2022.)

Kenttäväylien tullessa markkinoille vuosituhannen vaihteessa niiden odotettiin kymmenessä vuodessa ottavan ison jalansijan mittalaitteiden kommunikointitapana. Näin ei kuitenkaan käynyt, vaan vielä vuonna 2022 mA/HART laitteiden osuus oli 80 %. Profibus-DP:n, Profibus-PA:n ja FF-H1:n välityksellä kommunikoituja laitteita on vain 6 % ja Profinetin, Ethernet/IP:n, ModbusTCP:n ym. välityksellä 14 %. Edistyksen tiellä oli monia syitä, kuten eri väyläratkaisujen ja laitehallinnan menetelmien kilpailu keskenään, topologiamuutosten vaatimukset ja suunnitteluosaamisen puutteet. (Taipale 2022a.)

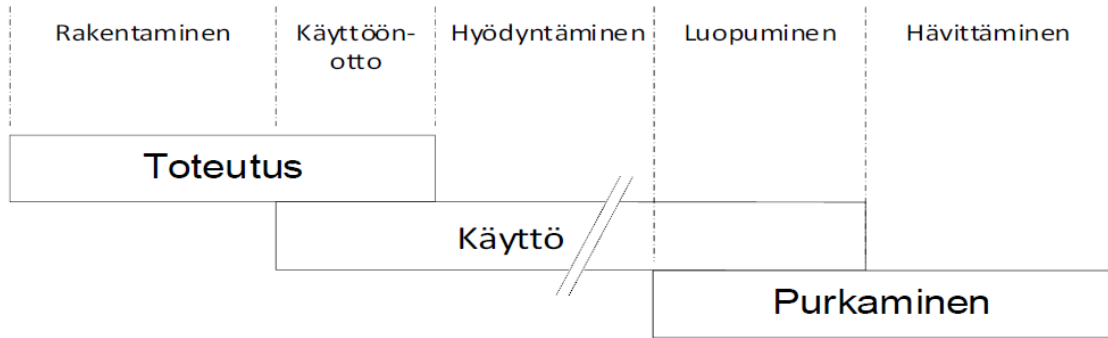
Vastauksena "Ethernet-kuiluun" ovat laitetoimittajat jälleen koonneet voimansa yhteen ja luoneet uuden, avoimen protokollan nimeltään Ethernet-APL. APL on lyhenne sanoista Advanced Physical Layer. Tässä uudessa protokollassa on mA/HART asennuksista tuttu Point-To-Point topologia ja sen odotetaan tulevaisuudessa korvaavan mA/HART signaaloinnin. Lisäksi Ethernet-APL:n leviämistä edesauttaa se, että Ethernet protokollat, kuten Profinet ja Ethernet/IP, ovat jo

yleisesti käytössä. Uusien mittalaitteiden mahdollisuudet ovat paljon aiempaa laajemmat, minkä mahdollistaa pilveen tallennettavat tiedot. Kaikki toimijat tukevat APL-tekniikkaa, joten kilpailua ei synny, kuten aiempien protokollien kanssa. (Eidman 2022.)

Kehityksen myötä osa vanhoista väylätekniikoista tulee väistymään uuden tieltä. Näihin lukeutuu myös Profibus-PA. Uudistuksen myötä esimerkiksi joihinkin Endress+Hauserin uusiin laitesarjoihin ei ehkä Profibus-PA-liityntää tule lainkaan. Lisäksi väistyvän tekniikan laitteiden tarjonta tulee vähenemään markkinoilta josain vaiheessa, jolloin korvaavien laitteiden saatavuus vaikeutuu. Siirtymävaihetta Profibus-PA:sta Ethernet-APL:ään on helpotettu tuomalla markkinoille kytkimiä, joiden avulla vanhat Profibus-PA-laitteet saadaan toimimaan Ethernet-APL-väylässä. Näin ollen koko toimilaitetekantaa ei tarvitse vaihtaa väylän uusimisen jälkeen. Vaikka siirtymän odotetaan kestävän useita vuosia ja Profibus-PA-laitteitakin tulee olemaan markkinoilla vielä pitkän aikaa, kannattaa suunnitelmat muutoksen suhteen aloittaa jo hyvissä ajoin, jotta esimerkiksi riittävä tietoturvan taso pystytään varmistamaan. (Taipale 2022b.)

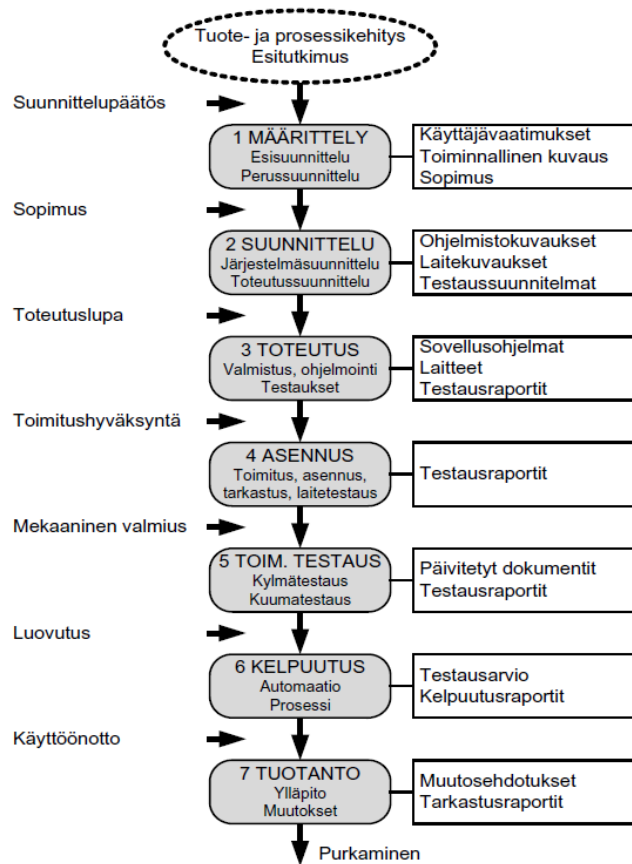
### 3.5 Elinkaari

Automaatioinvestoinnin elinkaari voidaan PSK 4601 -standardin mukaan jakaa kolmeen päävaiheeseen, jotka ovat toteutus, käyttö ja purkaminen (kuvio 10). Toteutuksessa on kaksi osa-aluetta, rakentaminen ja käyttöönotto, joista jälkimmäinen menee ajallisesti osittain päällekkäin käytön kanssa. Käyttövaiheessa käyttöönoton jälkeen tulee hyödyntämisen vaihe. Tänä aikana järjestelmän kunnon seuraaminen ja ylläpito on tärkeää, jotta vaihe jatkuisi mahdollisimman pitkään. Ennen luopumisvaihetta tapahtuva vaiheittainen uudistaminen jatkaa hyödyntämisvaihetta ja on kannattavaa niin kauan kuin ylläpitokustannukset pysyvät siedettävänä. Järjestelmän eri osien elinkaari vaihtelee ja on esimerkiksi ohjelmistojen kohdalla lyhyempi kuin vaikkapa kaapeleiden. Kun taloudellinen elinikä lähestyy loppuaan, alkaa käytön aikainen luopuminen, jonka myötä siirrytään investoinnin elinkaareissa purkamisvaiheeseen. Purkamisvaiheessa viimeisimpänä suoritetaan investoinnin hävittäminen, jonka kustannukset on hyvin suunnitellussa projektissa otettu huomioon jo hankintavaiheessa. (PSK 4601 1996, 6-7.)



Kuvio 10 Investoinnin elinkaarivaiheet (PSK 4601 1996, 6)

Automaatiosuunnittelun osalta elinkaari jakautuu useampaan vaiheeseen, joiden rajat ovat kuitenkin häilyviä johtuen laajoista kokonaisuuksista, sekä siitä, että eri alojen standardeissa elinkaari esitetään eri tavoin. Kuviossa 11 on esitetty Suomen automaatioseuran Automaatiosuunnittelun prosessimalli -julkaisussa esitetty automaatiojärjestelmän elinkaarimalli. Oli kyse sitten aivan uudesta kohteesta, tai jo olemassa olevasta automaatiojärjestelmästä, joka kaipaa uudistamista tai laajentamista, täytyy investointi päätöksen saamiseksi tehdä esisuunnittelua. Tätä lähdetään uusimista kaipaavien järjestelmien kohdalla työstämään tuotantolaitoksen olemassa olevien dokumenttien perusteella käyttäjien näkökulmasta. Projektin edetessä vaatimukset voivat tarkentua ja niihin voi tulla muutoksia. Jo suunnitteluvaiheessa tulee järjestelmän kannalta huomioida ylläpidon ja päivitysten tarpeellisuus ja aikataulut. (Suomen automaatioseura ry 2007, 15, 20.)



Kuvio 11 Automaatiojärjestelmän elinkaaren vaiheet (Suomen automaatioseura ry 2007, 16)

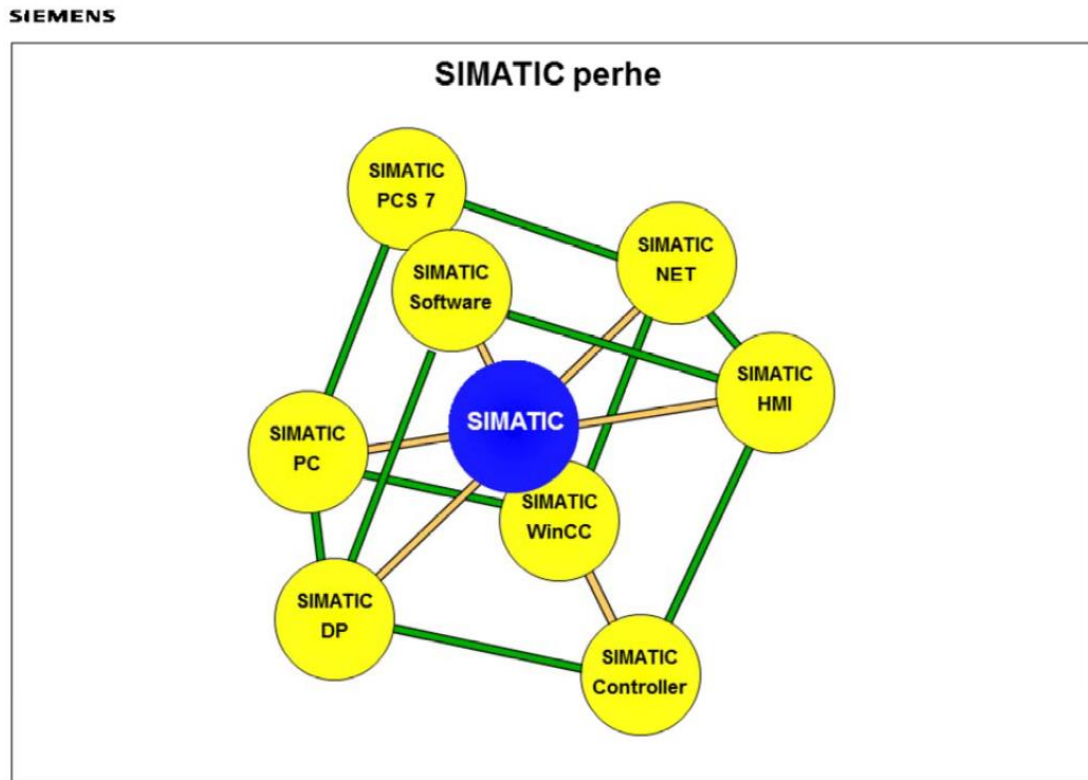
### 3.6 Ylläpito

Suunnittelun ja toteutuksen jälkeen alkavassa tuotantovaiheessa automaatiojärjestelmän ylläpidosta ja muutoksista on huolehdittava ja ne on dokumentoitava suunnitellun mukaisesti. Näin varmistetaan, että järjestelmä toimii laadukkaasti elinkaarensa loppuun saakka. Ohjelmistojen sovellusversioiden päivityksestä tulisi huolehtia toimittajan tekeminen ohjelmistopäivitysten mukaan. Tuotantovaiheessa tapahtuvat laadunvarmistus sekä ylläpito, päivitykset ja muut muutokset ovat asiakkaan vastuulla, mutta työn suorittamiseen voidaan käyttää ulkopuolista tahoa, joka usein on järjestelmän toimittaja. (Suomen automaatioseura ry 2001, 93-94.)

Automaatiojärjestelmän näkymättömät osat eli ohjelmistot, ovat linjan sydän, jonka huolenpito aivan liian usein jätetään huonolle huomiolle kustannuksiin vedoten. Tästä ajatusmaailmasta tulisi päästä eroon ja ymmärtää miten oikeaan aikaan tehdyt päivitykset helpottavat kunnossapitoa, lisäävät käyttöikää ja sen mukana tuovat säästöjä. (Lehtimäki 2023.)

## 4 SIEMENS SIMATIC S7

Yksi maailman johtavista automaatiojärjestelmien valmistajista on saksalainen Siemens. Sen luoma SIMATIC-tuoteperhe tarjoaa monenlaisia ratkaisuja prosesseollisuuden tarpeisiin (kuvio 12). (Siemens AG 2022d.)



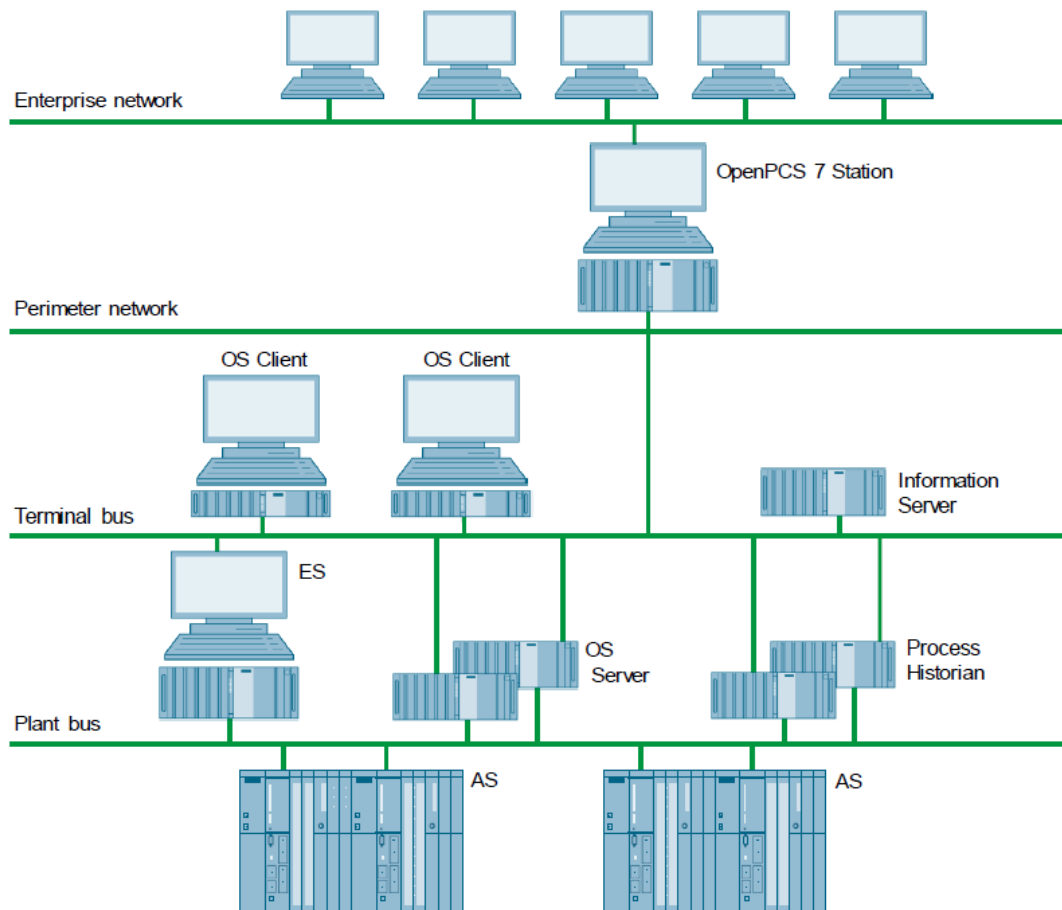
Kuvio 12 Simatic tuoteperhe (Pohto 2015)

Kun kaikki järjestelmän osat kuuluvat samaan tuoteperheeseen, on järjestelmän rakentaminen, laajentaminen ja ylläpito vaivatonta sekä kustannustehokasta. Perheeseen kuuluvat ohjaimet, I/O-järjestelmät, ohjausjärjestelmät, ohjelmistot sekä ohjelmointilaitteet. (Siemens AG 2022c.)

### 4.1 PCS7

Siemensin luoma hajautettu ohjausjärjestelmä on nimeltään PCS7. Se toimii saumattomasti yhteen Siemensin TIA-ympäristön (Totally Integrated Automation) kanssa, jonka avulla voidaan ohjata kaikkia automaatiopyramidin tasoja ERP-tasolta aina kenttätasolle saakka (kuvio 13). PCS7 kommunikoi tavallisimpien protokollien, kuten Profibusin, Profinetin ja FF:n välityksellä. Uusin, saatavilla oleva

versio on SIMATIC PCS7 V9.1, joka vie järjestelmän jälleen uudelle tasolle ja sitä käyttävät tehdasympäristöt yhä digitaalisemmiksi. (Siemens AG 2021a.)



Kuvio 13 PCS7 ohjausjärjestelmä (B4U 2019)

Järjestelmän päivittäminen uusimpaan versioon saattaa vaatia myös laitteiston muiden järjestelmien versioiden päivittämistä. Esimerkiksi PCS7 version V9.1:n kanssa yhteensopivia Windows OS versioita ovat Windows 10 Enterprise LTSC 2019 ( 64 bit), Windows Server 2019 Standard (64 bit) ja Windows Server 2019 Datacenter edition (64 bit). Myös komponenteista on voinut tulla markkinoille uusia versioita ja vanhat eivät välttämättä olekaan enää yhteensopivia uuden järjestelmäversion kanssa. (Siemens AG 2021b, 8.)

## 4.2 Ohjelmistot

SIMATIC PCS7 -järjestelmään on saatavilla erilaisia ohjelmistopaketteja, jotka toimitetaan joko fyysisesti annettuun postiosoitteeseen tai niitä voi ladata internetin kautta Siemensin ostoskeskuksesta. Ohjelmistoja löytyy kaikille automaatiohierarkian portaille ylimmästä johdosta operaattoritasolle saakka. Ohjelmistopäivityksistä huolehtimisen voi jättää myös Siemensille niin halutessaan ja ostaa heiltä tarkoitukseen soveltuvan palvelun. Esimerkiksi SIMATIC PDM -ohjelmalla käyttäjä voi konfiguroida, parametroida ja diagnosoida älykkäitä kenttälaitteita, logiikoita ja ohjaimia sekä Siemensin että muiden laitevalmistajien valikoimasta. SIMATIC Manager -ohjelma on ES-aseman ohjauskeskus jonka kautta koko PCS7-järjestelmää konfiguroidaan. Tulevaisuudessa siirryttäessä yhä avoimempiin verkkoympäristöihin, on myös tietoturvaratkaisut otettava paremmin huomioon ja Siemensinkin valikoimasta löytyy valtava määrä erilaisiin vaatimuksiin soveltuvia suojausratkaisuja. (Siemens AG 2021a.)

Teollisuuden laitteistot, joita ohjataan automaatiojärjestelmillä, ovat verkkoon liitettyjä laitteita. Rakennettaessa automaatiojärjestelmiä, tulisi jo suunnitteluvaiheessa ottaa huomioon tietoturvallisuuteen liittyvät ratkaisut. Riskikartoituksen avulla voidaan tietoturvallisuus kohdentaa oikein. Lisäksi ajallaan tehdyt päivitykset tietoturvaohjelmiin pitävät tietoturvan jatkuvasti oikealla tasolla. (Kauhanen 2018.)

## 4.3 Komponentit

PCS7-automaatiojärjestelmän hardware rakentuu moduulikomponenteista, minkä vuoksi järjestelmä on muunneltavissa asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Ohjausjärjestelmää voi myös myöhemmin helposti laajentaa erilaisilla lisätoiminnoilla. (Siemens AG 2021a.)

### 4.3.1 Työasemat

Siemensillä on tarjolla monenlaisia PCS7 yhteensopivia työasemia (kuvio 14), joilla järjestelmän toimintoja voidaan luoda, seurata ja operoida. Niitä voidaan

käyttää esimerkiksi yksittäisinä asemina, servereinä tai client-laitteina. Tällä hetkellä markkinoilla oleviin työasemiin asennetaan esiasennuksena PCS7 versio V9.1 sekä Windows 10. Kuten tietokoneista yleensäkin, löytyy työasemista prosessori, kovalevy, ajurit, muistia ja laajennuspaikkoja. Tällä hetkellä myynnissä oleville laitteille Siemensin lupaama elinkaari on markkinoilla 5 vuotta minkä jälkeen varaosia on saatavilla toiset 5 vuotta. (Siemens AG 2021a.)



Kuvio 14 SIMATIC työasemia (Siemens AG 2021a)

#### 4.3.2 SIMATIC S7-400-sarja

Siemensin S7-400-sarjan (kuvio 15) ohjaimet ovat käytössä maailmanlaajuisesti. Se on suunniteltu tuotanto- ja prosessiautomaation tarpeisiin ja sen suosio perustuu muunneltavuuteen sekä kykyyn kommunikoida ja prosessoida dataa. Varsinkin prosessiautomaation kovat vaatimukset ovat saaneet aikaan tuotesarjan jatkuvan kehityksen. Koska suosio on ollut jatkuvaa, lupaa Siemens, että sarja on saatavilla vähintäänkin vuoteen 2035 saakka ja jopa pidempäänkin. (Siemens AG 2021c.)

S7-400- sarja on saatavilla "standard", high availability" tai "safety-related" -versioina ja valinta tehdään riippuen tuotantolaitoksen vaatimuksista. Uusiin tuotantokonaisuuksiin suositellaan tällä hetkellä sarjan AS410-5H/AS 410E -järjestelmiä, jotka ovat yhteensopivia PCS7:n uusimpien versioiden kanssa. (Siemens AG 2021a.)



Kuvio 15 SIMATIC S7-400 (Siemens AG 2021a)

#### 4.3.3 SIMATIC ET 200M hajautus I/O

SIMATIC ET 200M (kuvio 16) on modulaarinen I/O-asema. Järjestelmä koostuu hajautusyksiköstä, digitaalisista ja / tai analogisista moduuleista sekä esimerkiksi datan siirtoon tarvittavista moduuleista. (Siemens AG 2022c.)



Kuvio 16 SIMATIC ET 200M (Siemens AG 2022c)

ET200M on hajautusyksikköjen ja I/O-korttien tuotesarja ja kortit on tehty S7-300-sarjan tyyliksi sarjan mitoilla ja ulkomuodolla. Sarjan tilalle on tullut uusia I/O-tuoteperheitä kuten ET200MP, ET200SP ja ET200SP HA joista erityisesti ET200SP HA on suunniteltu prosessiteollisuuden tarpeisiin käytettäväksi PCS7:n uusissa automaatiojärjestelmissä. (Lehtimäki 2023.)

Siemens on tehnyt ennakkoilmoituksen SIMATIC ET 200M hajautus I/O:n tuotannon päättymisestä. Luopumisvaihe alkaa lokakuussa 2023. Tuotteita on saatavilla normaalisti lokakuuhun 2025 saakka, minkä jälkeen sarjan tuotteet siirtyvät poistumisvaiheeseen. Tällöin tuotteita on saatavilla rajoitetusti varaosina. Poistumisvaiheen kestosta ei ole annettu tarkkaa aikaa mutta Siemens lupaa, että sarjan lopullinen poistuminen markkinoilta ei tapahdu ennen lokakuuta 2033. (Siemens AG 2022a)

## 5 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN VIRTUALISOINTI

Perinteiset hajautetut automaatiojärjestelmät ovat iso investointi taloudellisesti. Sen lisäksi, että ne ovat hankittaessa kalliita, on niiden elinkaari myös rajallinen. Tästä johtuu, että järjestelmiä täytyy tiheästi päivittää, mikä tuo ylläpitokustannuksia. Investointi- ja ylläpitokustannusten lisäksi laitteistot vievät tilaa ja energiaa. Edellä mainituista syistä johtuen on automaatiojärjestelmiä alettu virtualisoimaan. (Insta 2021.)

Virtualisoinnissa voidaan yhdellä tietokoneella korvata useampia tietokoneita rakentamalla käyttöympäristöjä, joilla on omat ohjelmat ja käyttöjärjestelmät. Käyttöympäristöjen rakentaminen voidaan suorittaa jopa etänä. Laitteistojen hankinnasta tulevien säästöjen lisäksi virtualisoinnin etuina ovat järjestelmän joustavuus mitä tulee uusien koneiden lisäämisen järjestelmään. Lisäksi järjestelmä on toimintavarmempi perinteiseen järjestelmään verrattuna, koska virtuaaliset laitteistot on mahdollista kahdentaa. Tällöin yhden koneen kaatuminen järjestelmässä ei aiheuta muiden koneiden kaatumista, koska koneesta tehty kopio ottaa alkuperäisen koneen paikan. Virtuaaliympäristössä laitteiston testaus on myös turvallista, koska testaus voidaan tehdä virtuaalialustalla ennen sen siirtämistä tuotantoympäristöön. (Insta 2021.)

Oli tuotantolaitos sitten perinteistä tai virtuaalista järjestelmää käyttävä, täytyisi kyberuhkiin suhtautua vakavasti. Edelleen on olemassa laitoksia, joita kuka tahansa IP-osoitteen käsiinsä saava pääsee ohjaamaan tai vakoilemaan aiheuttaen mahdollisesti taloudellisen uhan tai pahimmassa tapauksessa hengen vaaran. (Engdahl 2016, 36-40.)

## 6 HP2-LINJAN JÄRJESTELMÄT

Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtaiden hehkutus- ja peittäuslinja 2:n prosessin järjestelmät voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: hitsauskoneeseen, uunialueeseen ja linja-automaatioon. Hitsauskone jätetään kokonaan tämän tarkastelun ulkopuolelle, koska se on aivan oma kokonaisuutensa ja eroaa monin tavoin muusta linjan automaatiosta. Uunialue ja linja-automaatio on toteutettu Siemensin PCS7:n V7.0Sp2 automaatiojärjestelmällä.

### 6.1 Linja-automaatio

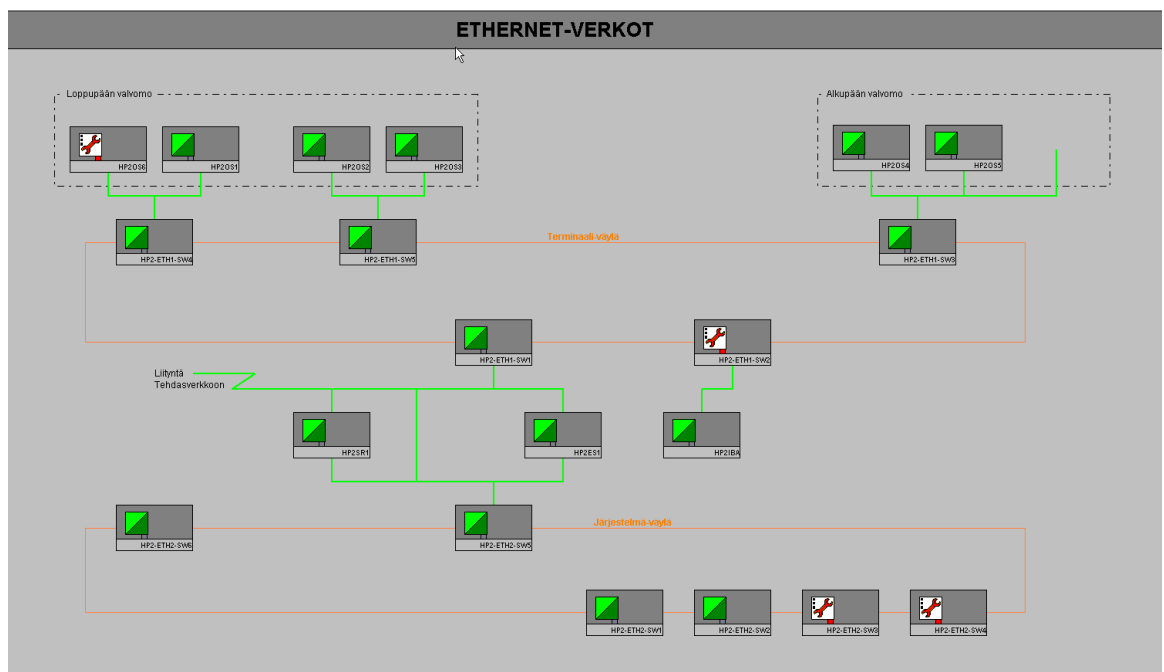
Linja-automaatio muodostuu kahdeksasta prosessiasemasta, jotka ovat AS1 (alkupään nauhankuljetus), AS2 (loppupään nauhankuljetus), AS3 (koneautomaatio), AS4 (rasvanpoisto), AS5 (EPA peittäus), AS6 (SHA peittäus), AS7 (turvajärjestelmät) ja AS8 (Steuler-kaasunpesu). Prosessiasemat sijaitsevat automaatiotilan keskuksissa +HP2.R01-R04. Kaikissa asemissa on prosessorina Siemensin 417-4 mallia oleva CPU (liite 1.). Linjan alkupäässä sijaitsevassa sähkötilassa oleva keskus +HP2.V20112 syöttää asemille sähkön UPS-varmennettuna. (Blomqvist 2009.)

Linjan ohjelmointiasema (ES) sijaitsee automaatiotilassa ja se sisältää järjestelmän ohjelmat ja niihin tarvittavat lisenssit. Ohjelmointiasemalla voi ottaa yhteyden prosessiasemiin tapahtumien reaaliaikaista tarkastelua varten. Kaikenlainen muutosten tekeminen niin ohjelmiin, kuin laitekantaan tulisi tapahtua ohjelmointiaseman kautta. (Blomqvist 2009.)

Operointiasemia (OS-Client) on kuusi. Ne sijaitsevat linjan alku- ja loppupään valvomoissa, josta niiden päätelaitteet on hajautettu sekä valvomoihin, että linjalle USB-laajentimien avulla. Operointiasemilla linjan käyttöhenkilöstö pystyy tekemään ajoteknisiä töitä, kuten käynnistämään ja pysäyttämään toimintoja, määrittämään ajonopeuden, sekä tekemään muita prosessin ajoon liittyviä valintoja. Operointiasemat ovat yhteydessä myös koko tehtaan reaaliaikaiseen tuotannon ohjaukseen, RETUun, jonka kautta linja saa ajo-ohjelmat ja pystyy lähettämään ja tilaamaan rullia. Operointiasemia käytetään eritasoisilla käyttäjätunnuksilla.

Tason 1 tunnukset on tarkoitettu operaattoreille ja niillä pystyy tekemään linjan normaaliin ajoon liittyviä toimenpiteitä. Tason 2 tunnukset on tarkoitettu kunnosapito henkilöstölle ja niillä voi tason 1 toimintojen lisäksi esimerkiksi muuttaa raja-arvoja ja tehdä kalibrointiajoja laitteille. Vahvimmat, tason 3 administrator-tunnukset on tarkoitettu päätösvallan omaaville henkilöille ja niiden avulla voi, aiemmin mainittujen lisäksi, esimerkiksi ohittaa lukituksia. (Blomqvist 2009.)

Edellä mainitut asemat yhdistää toisiinsa suljettu 100 Mbit Ethernet-verkko (kuvio 17). ES-asema on liitetty siihen CP 1613 -kortin avulla, joka tukee kaikkia PCS7:n ominaisuuksia. Outokummun tehdasverkkoon huolto-, etä- ja RETU-yhteyden mahdollistamiseksi ES- ja OS-asetat sekä myöhemmin esiteltävät Vacon parametointikone ja IBA:n PDA -kone liittyvät kuitenkin laitteiden omien Ethernet-korttien kautta, jotta tehdasverkko ja automaatioverkko saadaan pidettyä erillään. (Blomqvist 2009.)



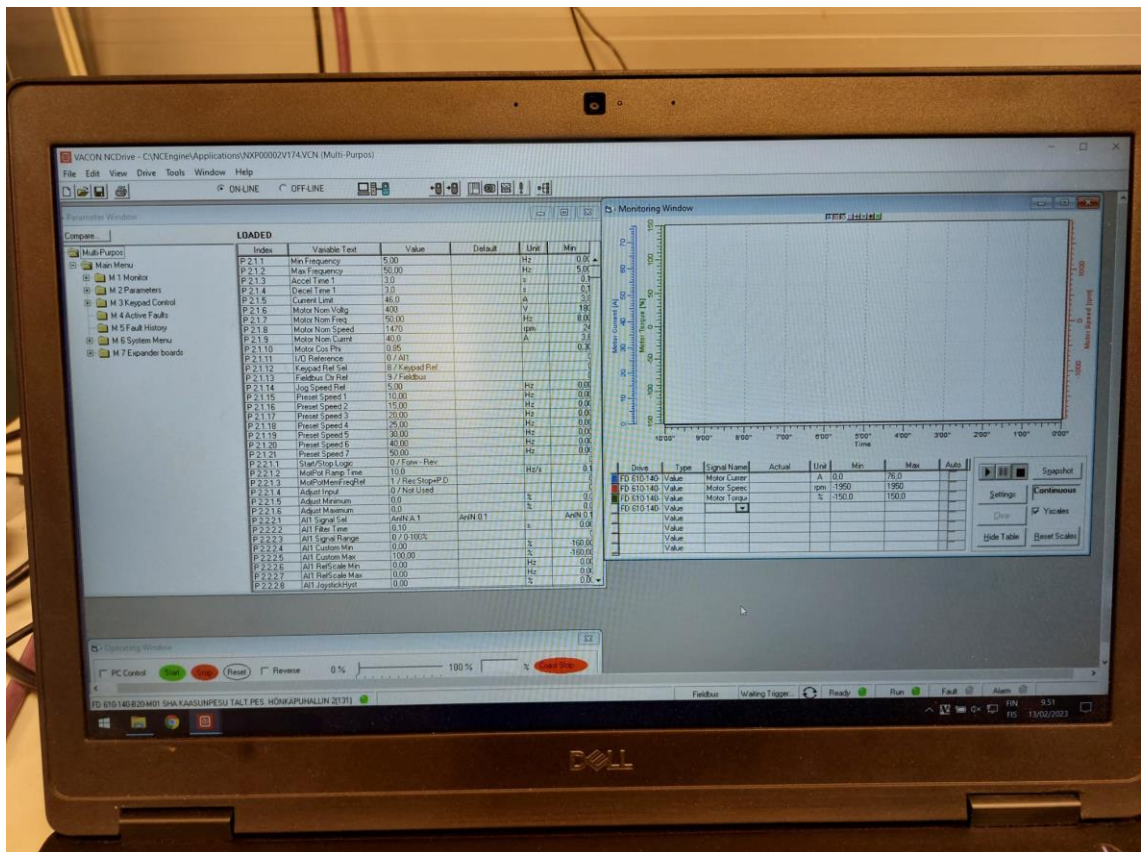
Kuvio 17 HP2-linjan Ethernet-verkot

Laitteistojen kokoonpano ja sijainnit on lueteltu liitteessä 2. Käyttöjärjestelmänä kaikissa laitteissa on Windows XP Professional, paitsi kahdessa OS-server-laitteissa, jossa käyttöjärjestelmänä on Windows SRV 2003, kuten liitteessä 3 on mainittu.

Kaikkien AS-asemien perässä on toiminnallisia, 12 tai 1,5 Mbps nopeudella toimivia kenttäväyliä. Prosessille tärkeät kenttäväylät on toteutettu pääasiassa Profibus-DP:n avulla, jonka perässä on vielä AS-i kenttäväyläporras. Profibus-DP:n kautta I/O hajautusyksiköt, ohjauspulpetit, taajuusmuuttajat, absoluuttianturit ja AS-i gatewayt liittyvät järjestelmään. Linjan I/O on toteutettu Siemensin SIMATIC ET 200M-hajautus I/O:illa. (Blomqvist 2009.)

Linjan toimintojen tiedonkeruulaitteisto, IBA PDA, sijaitsee niin ikään automaatio-tilassa samoin kuin Vacon parametrintikone. Ensimmäiseksi mainittu tallentaa jatkuvasti tiettyjen laitteiden toimintoja ja on tärkeä työkalu esimerkiksi vian haussa. Vacon parametrintikone on taas tavallinen kannettava tietokone, jonka Vacon NCDrive -ohjelman avulla voidaan monitoroida ja muuttaa taajuusmuuttajien parametreja. (Blomqvist 2009.)

Vacon parametrintikone on uusittu vuonna 2019. Kuviossa 18 on näytölle avattu parametrintointi-, monitorointi- ja operointi-ikkunat.

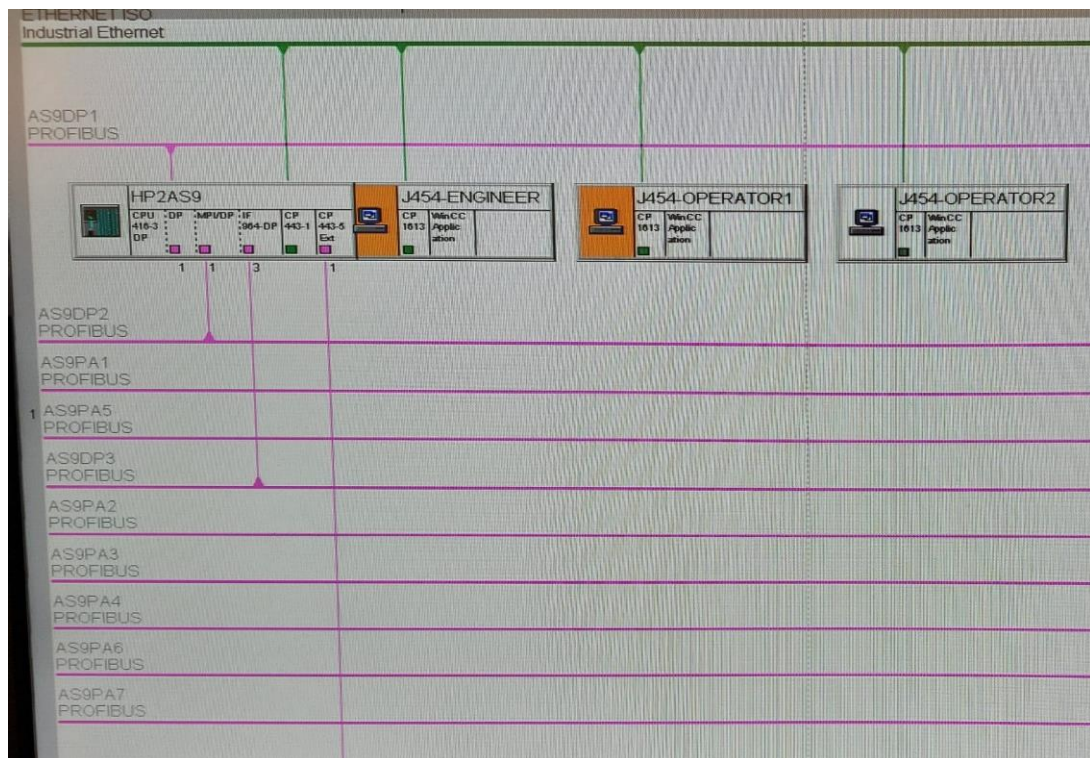


Kuvio 18 Vacon parametrintikoneen toimintoja

## 6.2 Uunialue

Uunialueella on oma erillinen automaatiojärjestelmänsä. Uunia ohjaava prosessiasema AS9 sijaitsee automaatiotilan kaapissa +HP2-18-CSY01. Se on yhteydessä Ethernet-verkkoon CP 443-1 -kortin avulla. Yhteys I/O-yksiköihin on luotu Profibus-DP:n avulla, josta kentälaitteille on jatkettu Profibus-PA-yhteydellä. Myös uunialueella I/O-hajautusyksiköinä on käytetty SIMATIC ET 200M -sarjan laitteita. Ne sijaitsevat kentällä automaatiokaapeissa +HP2-18-CI001 ja +HP2-18-CI002. Uunin sytytysjärjestelmän ESA Estro mikroprosessoreihin Profibus-DP ottaa yhteyden ESA-portin kautta, jossa tiedonsiirto vaihtuu Profibus-protokollasta ESA-väylään. Liitteessä 4 on tarkempi kuvaus uunialueen tiedonsiirrosta.

Uunin ohjelmointiasema, J454-Engineer, sijaitsee automaatiotilassa ja, kuten linja-automaationkin ES-asema, sisältää myös tämä uunialueen järjestelmän ohjelmointiin tarvittavat ohjelmistot ja lisenssit. Alkupään valvomossa on OS-asema J454-Operator1 ja loppupään valvomossa OS-asema J454-Operator2. Nämä kaikki kolme konetta on yhdistetty Ethernet-verkkoon CP-1613-korteilla. Uunin koneiden käyttöjärjestelmänä on Windows XP Professional.



Kuvio 19 Uunialueen Ethernet- ja Profibus-liitännät

Uunin laitteisto on belgialaisen Drever International S.A.:n toimittama ja siihen liittyy ES- ja OS-laitteiden lisäksi uunin mallikone, joka sijaitsee HP2-linjan loppupään valvomossa. Mallikone on uunin reaaliaikainen tietojärjestelmä ja se laskee uunille asetusarvot sekä lisäksi kommunikoi muun linja-automaation kanssa. Laskennan kone tekee joko automaatiojärjestelmästä saamiensa tietojen tai operaattoreiden käsin antamien tietojen perusteella. Tietojen avulla mallikone laskee uunin lämmitys- ja jäähdytysarvot sekä antaa arvot ajonopeuden kontrollointiin.

## 7 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN VARAOSATILANNE

Komponenttien saatavuus järjestelmän osalla vaihtelee. Työasemista on kaikista tulleet jo uudet versiot markkinoille ja vanhat ovat poistuneet myynnistä. Kuten aiemmin jo todettu, S7-400-sarjaa on saatavilla, tämänhetkisen tiedon perusteella, vielä pitkään. Myös ET 200M-sarjan tuotteita on edelleen saatavilla. Sarjan loppumiselle Siemens on antanut jo varoituksen ja luopumisvaihe alkaa vuoden 2023 lokakuussa. Varaosia on kuitenkin saatavilla vuoden 2033 lokakuuhun saakka.

Liitteessä 1 on lueteltu +HP2.R01-R04 keskusten Siemens laitteet sekä Outokummun varaosatilanne ja varaosien saatavuus Siemensiltä, oli sitten kyseessä juuri sama laite tai korvaava laite. Liitteessä 5 on lueteltu I/O-hajautusyksiköiden Siemens-laitteet sekä niiden osalta varaosatilanne Outokummulla ja varaosien saatavuus Siemensiltä. Outokummun varastolla on tällä hetkellä joitakin varaosia mutta ei läheskään kaikkia.

Tällä hetkellä HP2-linjan automaatiotilasta löytyy varatietokoneet servereille ja pari kappaletta OS-työasemia, jotka hätätapauksessa saadaan toimimaan mutta vain yhdellä näytöllä. Rakentelemalla saadaan lisää varakoneita OS-asemille olemassa olevista varatyöasemista. Näihin on jo tarvittavia varaosia tilattu. Uusia koneita, jotka olisivat yhteensopivia Windows XP ja Windows Server 2003 käyttöjärjestelmien kanssa, ei ole enää saatavilla mistään. Unialueella on oma erillinen automaatiojärjestelmänsä, jolle on omat PCS7 ES- ja OS- asemansa. Näiden tietokoneiden kovalevyt ovat varmuuskopioitu mutta ongelmat niissä ovat samat, kuin muissakin linjan koneissa ja päivitys on ajankohtainen.

## 8 TUTKIMUSTULOKSET ESISELVITYSTÄ VARTEN

HP2-linja on Outokummun käsittelylinjoista modernein. Se on uudistettu täysin vuonna 2009, jolloin vanha linja käytännössä kannettiin toisesta ovesta ensin osissa ulos ja uusi linja tuotiin vastakkaisesta ovesta sisään. Linja on myös käsittelylinjoista ainoa, jossa kommunikaatio kenttälaitteiden, analogisten mittausten ja automaation välillä tapahtuu Profibus-PA-väylän avulla. Joitakin laitepoikkeuksia lukuun ottamatta muiden linjojen mittausten toiminta perustuu pääasiassa mA/HART-teknologiaan.

Suurimpana ongelmana HP2-linjalla on, että tuotannon tietokoneet ovat tulleet elinkaarensa päähän. Linjan automaatiojärjestelmä on Siemens PCS7 V7.0Sp2, jonka tietokoneiden käyttöjärjestelminä on käytössä Windows XP ja Windows Server 2003. Näiden käyttöjärjestelmien tuki Microsoftilta on päätynyt. Pelkäämään PCS7 versiota ei voi päivittää uudempaan versioon, koska ne eivät toimi Windows XP ja Server 2003 käyttöjärjestelmän kanssa. Kenttälaitteiden osalta haasteena on, että niiden rikkoontuessa ei linjalle ole aina voinut suoraan laittaa paikalleen uutta vastaavaa laitetta. Laittevalmistajilta löytyy kyllä kyseisiä uusia laitteita, mutta niiden ohjelmistoversio on eri, kuin laitteiden mitkä järjestelmään on konfiguroitu. Järjestelmä ei sen vuoksi aina tunnista laitetta ja niiden saaminen kommunikoimaan väylässä on hankalaa. Tämä johtuu Profibus GSD/E-tiedoston yhteensopivuudesta laitteen ja PCS7:n hardware-konfiguraation välillä. Toki, jos uusi laite vaatii uudemman GSD/E-tiedoston, niin se on vaihdettava, vaikka järjestelmän ohjelmistot olisivatkin uudemmat. Joitakin laitteita on tämän esiselvityksen tekoaikana saatu toimimaan järjestelmässä, mutta se on vienyt aikaa ja vaatinut ulkopuolista asiantuntija-apua. Myöskään laitteiden parametointi ei onnistu nykyisen PDM-ohjelmiston kautta väylää pitkin, koska vanha PDM-ohjelmistoversio ei tue graafisia parametrintinäkymiä, kuten uudemmat versiot, eikä uusille laitteille ole laitevalmistajan toimesta tehty vanhoja PDM-ohjelmistoja tukevia laitekuvaustiedostoja (EDD).

Esiselvitystä varten on haastateltu asiantuntijoita, jotka ovat olleet rakentamassa alkuperäistä järjestelmää sekä muita linjalla järjestelmän parissa työskennelleitä

henkilöitä. He ovat painottaneet kuinka tärkeää järjestelmän kannalta on, että ohjelmistojen päivityksistä huolehdittaisiin tasaisin väliajoin. Asiantuntijoiden avulla on tehty selvitys uudistuksista, joiden avulla linja saadaan vielä pitkään pysymään käyttökunnossa ja kunnossapito olisi helpompaa. Koko järjestelmän uusiminen olisi pitkä ja kallis prosessi, eikä siihen tällä hetkellä ole missään nimessä tarvetta. Tärkeintä olisi saattaa linja kuitenkin ohjelmistojen osalta tähän päivään. Ajankohta, milloin järjestelmäpäivitys olisi järkevintä tehdä selviää myös esiselvityksestä. Jatkoa ajatellen päivitysten tekemisen tärkeys on pyritty tuomaan selkeästi esille esiselvityksessä.

Esiselvitys löytyy luottamuksellisena liitteenä (liite 6) tämän opinnäytetyön lopusta ja se tulee vain toimeksiantajan käyttöön.

## 9 POHDINTA

Aloittaessani opinnäytetyön tekemisen olin työskennellyt uudistamisen kohteena olevalla linjalla sähkökunnossapidon aluetyönjohtajana puoli vuotta. Linjaan tutustuminen ja sen toiminnan opettelu olivat olleet aikaa vievää ja puolessa vuodessa olin päässyt hieman perille järjestelmän toiminnoista. Lisäksi vastuualueeseeni kuuluva hehkutus- ja peittäuslinja 3:n toimintojen opettelu vei myös ison osan ajastani. Opinnäytetyön tekeminen HP2-linjalle antoi sysäyksen linjan toimintojen tarkempaan tutkiskeluun.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua hajautettuun ohjausjärjestelmään sekä selvittää millä keinoilla Outokumpu Stainless Oy:n Tornion tehtailla kylmävalssaamo 1:llä sijaitsevan hehkutus- ja peittäuslinja 2:n kunnossapidolliset ongelmat saataisiin ratkaistua. Opinnäytetyön tilaajalla oli epäselvää, kuinka laaja järjestelmän uudistamistarve on ja minkälaista tuotannon katkosta uudistaminen vaatii.

Löysin tutkimusmateriaalia opinnäytetyön tutkimusosaa varten suhteellisen helposti. Perehdyin alan kirjallisuuteen, internetjulkaisuihin ja osallistuin webinaareihin. Aloitin opinnäytetyön tutustumalla tarkemmin toimeksiantajaani Outokumpuun sekä HP2-linjaan. Oli mielenkiintoista perehtyä paremmin hajautettuun ohjausjärjestelmään ja eri kommunikaatiotapoihin, kun pystyi peilaamaan oppimään asioita suoraan olemassa olevaan oikeaan järjestelmään. Tutkimusmateriaalin avulla opin paljon hajautetun ohjausjärjestelmän toimintaperiaatteesta. Tutustumalla HP2-linjan alkuperäiseen dokumentaation tarkemmin, selkiytyi käsitykseni linjan toiminnoista ja siitä, mitä kaikkea kunnossapidolta vaaditaan linjan toimivuuden ylläpitämiseksi. Asiantuntijoiden kanssa käydyistä keskusteluista olen saanut korvaamatonta tietoa uusimistarpeista, aikatauluista ja toteutusmahdollisuuksista. Tutkimuksen lähdemerkinnät on laadittu hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeiden mukaisesti.

Opinnäytetyön teon aikana käsitykseni linjan suurimmista haasteista on muuttunut. Saimme muutamia rikkoutuneita kenttälaitteita toimimaan tutkimuksen teon aikana ja minulle on selvinnyt, että kenttälaitteiden yhteensopivuusongelmaa suuremman haasteen tuovat käyttöjärjestelmien vanhentuminen. Sen myötä

myös linjan tietokoneet ovat tulleet elinkaarensa päähän. Onnistuin tekemään esiselvitykseen ehdotuksen järjestelmän uusimisen aikataulusta sen perusteella, mitä asiantuntijoiden mukaan olisi järkevintä. Lisäksi omat tavoitteeni oppia lisää hajautetun ohjausjärjestelmän sekä vastuualueenani olevan linjan automaatiojärjestelmän toiminnasta toteutuivat.

Tutkimani aihealue on laaja ja tähän opinnäytetyöhön sain sopimaan vain pintaraapaisun siitä mitä kaikkea tulevat järjestelmäpäivitykset pitävät sisällään. Seuraavaksi tutkimusaiheen osalta voisi perehtyä esimerkiksi linjan apulaitteiden, kuten hitsauskoneen ja uunin mallikoneen järjestelmiin ja niiden vaatimiin uudistuksiin. Esiselvitysvaiheen jälkeen voidaan järjestelmän uusimisessa siirtyä tekemään suunnittelupäätöstä ja edetä vaihe kerrallaan automaatio suunnittelun elinkaareissa eteenpäin.

## LÄHTEET

Anderson, M. 2019. What is DCS? Viitattu 13.12.2021.

<https://realpars.com/dcs/>.

Blomqvist, K. 2009. Outokumpu Stainless Oy. Hehkutus ja peittäuslinja 2. Automaatiojärjestelmä. VEO.

Business 4 U 2019. DCS. Viitattu 5.1.2023. <https://business4u.ae/dcs/>.

Cope, K. 2018. What is automation pyramid? Viitattu 13.12.2022.

<https://realpars.com/automation-pyramid/>.

Digi-Key 2022. Mitä ovat valmistajakohtaiset rengastopologiat automaatioverkoissa? Viitattu 14.12.2022 <https://www.digikey.fi/fi/articles/what-are-proprietary-ring-topologies-in-automation-networks>.

Eidman, A. 2022. Endress + Hauser Oy. Endress Tech Booster. Ethernet-APL-webinaari 12.7.2022. Viitattu 16.12.2022.

<https://www.gotostage.com/channel/448efabd84cb4279aa1a2998344a439d/recording/135e6837e87f47f79a2fed5225502c45/watch>.

Engdahl, T. 2016. Salaus ja tietoturva IoT-ratkaisuissa. Uusi Teknologia 1/2016.

TeknologiaMediat Oy. Viitattu 11.2.2023. <https://www.uusiteknologia.fi/wp-content/uploads/2016/02/ut12016452016-1.pdf>.

Hamill, M. J. 2020. Industrial Communications and Control Protocols. Course E497. Viitattu 14.12.2022.

<https://pdhonline.com/courses/e497/e497content.pdf>.

Insta. 2021. Automaatiojärjestelmän virtualisointi tuo lukuisia etuja. Viitattu

11.2.2023. <https://www.insta.fi/ajankohtaista/automaatiojarjestelman-virtualisointi-tuo-lukuisia-etuja>.

Kauhanen, J. 2018. Teollinen internet ja tietoturvallisuus. Viitattu 13.2.2022.

<https://www.sarlin.com/teollinen-internet-ja-tietoturvallisuus/>.

Koskinen, K. 2017. Automaatio – mistä se on tullut? Automaatioväylä Oy.

Viitattu 12.12.2022. ["Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa" -artikkelisarja | Suomen Automaatioseura ry.](#)

Koskinen, K. 2018. Automaatio – mitä se on? Automaatioväylä Oy. Viitattu

12.12.2022. ["Automaatio ennen, nyt ja tulevaisuudessa" -artikkelisarja | Suomen Automaatioseura ry.](#)

Lehtimäki, T. 2023. Tercontec Oy. Asiantuntijahaastattelu 13.1.2023.

Mehtälä, M. 2019. Outokumpu Chrome Oy & Outokumpu Stainless Oy, Tornion tehtaat - Prosessivesien käyttö ja puhdistus. Espoo: Outokumpu Oyj.

Outokumpu Oyj 2022a. Business Area Europe. Tornio – Stainless steel. Viitattu 9.12.2022. <https://www.outokumpu.com/locations/tornio-stainless-steel>.

Outokumpu Oyj 2022b. Kemi-Tornio. Sisäinen intranet. Esittelykalvot – Outokumpu Tornion tehtaat ja Kemin kaivos. Viitattu 9.12.2022.

Outokumpu Oyj 2022c. Kemi-Tornio. Sisäinen intranet. Yleistietoa kylmävalssaamosta. Viitattu 9.12.2022.

Pohto Oy 2015. Ohjelmoitavat logiikat Siemens Simatic S7 -peruskurssi.

PSK 4601 1996. Automaation hankinta. Yleiset periaatteet, käsitteet ja määritelmät. 2 painos. PSK Prosessiteollisuuden standardoimiskeskus ry.

Siemens AG 2021a. SIMATIC PCS 7 Process Control System. Volume 1: System components. Viitattu 5.1.2023.

[https://support.industry.siemens.com/cs/document/109745632/catalog-st-pcs-7-\(system-components\)-simatic-pcs-7-for-v9-1?dti=0&pnid=16933&lc=en-FI](https://support.industry.siemens.com/cs/document/109745632/catalog-st-pcs-7-(system-components)-simatic-pcs-7-for-v9-1?dti=0&pnid=16933&lc=en-FI).

Siemens AG 2021b. SIMATIC Process Control System PCS 7 - What's New (V9.1).

Siemens AG 2021c. SIMATIC S7-400: Harmonized innovation and continuity. Viitattu 1.11.2023.

[https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-control/dcs-hardware/automatisierungssysteme.html#SIMATIC\\_S7400\\_consistent\\_and\\_efficient](https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-control/dcs-hardware/automatisierungssysteme.html#SIMATIC_S7400_consistent_and_efficient).

Siemens AG 2022a. 2022\_06\_Phase\_out\_plan\_S7-300\_ET200M\_FactoryAutomation.xlsx.

Siemens AG 2022b. SIMATIC S7-300 - Proven and available until 2033. Viitattu 18.1.2023.

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-300.html>.

Siemens AG 2022c. SIMATIC. Products for totally integrated automation. Catalog ST70. Edition 2022. Viitattu 18.1.2023.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/fi/Catalog/Products/5009999?tree=CatalogTree>.

Siemens AG 2022d. SIMATIC-automaatiojärjestelmät. Viitattu 27.12.2022.

<https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/simatic-automaatiojarjestelmat.html>.

Suomen Automaatioseura 2001. Laatu automaatiossa - Parhaat käytännöt. Helsinki: Suomen automaatioseura. Viitattu 15.12.2022.

<https://www.automaatioseura.fi/materiaalipankki/ladattavat-julkaisut/>.

Suomen Automaatioseura 2007. Automaatiosuunnittelun prosessimalli. Helsinki: Suomen automaatioseura. Viitattu 13.12.2022.

<https://www.automaatioseura.fi/materiaalipankki/ladattavat-julkaisut/>.

Särkikoski, T. 2005. Outo malmi, jalo teräs. Outokummun tie ruostumattomaan teräkseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Taipale, J. 2022a. Endress + Hauser Oy. Kenttälaitteasiantuntija esitys  
Kenttäväylät eivät tulleet – Ethernet-APL tulee! -webinaarissa 15.12.2022.

Taipale, J. 2022b. Endress + Hauser Oy. Kenttälaitteasiantuntijan haastattelu.  
19.12.2022.

## LIITTEET

- Liite 1. HP2.R01-R04 sekä HP2-18CSY01 Siemens laiteluettelot (Luottamuksellinen)
- Liite 2. HP2 ATK-laitteet (Luottamuksellinen)
- Liite 3. HP2 asemat (Luottamuksellinen)
- Liite 4. HP2 Uunin väyläkaavio (Luottamuksellinen)
- Liite 5. HP2 I/O kojeluettelo (Luottamuksellinen)
- Liite 6. Esiselvitys HP2 automaatiojärjestelmän uusimisesta (Luottamuksellinen)

