

**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN ALA

# AUTOMAATIOPROJEKTIN TOTEUTTAMINEN VIRTUAALIALUSTALLA: HONEYWELL OY

TEKIJÄ Mikko-Oskari Miettinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Mikko-Oskari Miettinen		
Työn nimi AUTOMAATIOPROJEKTIN TOTEUTTAMINEN VIRTUAALIALUSTALLA: HONEYWELL OY		
Päiväys	08.05.2025	26/0
Yhteistyötaho Honeywell Oy		
<p>Opinnäytetyön pohjana käytettiin projektia, jossa vaihdettiin erään voimalaitoksen automaatiojärjestelmän osa Honeywell EPKS järjestelmään. Järjestelmä rakennettiin täysin virtuaalialustalla, josta kokonaisuus siirrettiin asiakkaan järjestelmään juuri ennen käyttöönottoa.</p> <p>Työssä esitellään Honeywell EPKS järjestelmää, projektin vaiheita ja käytettyjä työkaluja, niissä havaittuja haasteita, sekä tarkkaillaan virtuaalijärjestelmän hyötyjä ja haittoja.</p> <p>Suosittelen virtuaalijärjestelmän käyttöä kaikissa tulevissa projekteissa. Virtuaalijärjestelmä nopeuttaa projektin toteutusta ja suunnittelua, mahdollistaa toimintojen esittelyn ja testauksen ennen laitetilauksia. Suurimmat virtuaalijärjestelmän haitat ovat mahdollisesti hidas verkkoyhteys ja versiohallinta rinnakkaisten järjestelmien välillä.</p>		
Avainsanat Automaatio, Honeywell EPKS, VEP		

## SISÄLTÖ

1	TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS .....	5
2	LYHENTEET .....	6
3	VIRTUAALIJÄRJESTELMÄT .....	7
3.1	Virtualisointi .....	7
3.2	Virtuaalinen kaksonen (virtual twin) .....	8
4	HONEYWELL EPKS JA VEP .....	9
4.1	EPKS Esittely .....	9
4.2	VEP ympäristö.....	10
4.3	PKS IO HIVE, UIO ja UMS.....	11
5	AUTOMAATIO- JA KULUTTAJAJÄRJESTELMÄT .....	12
5.1	Automaatio- ja kuluttajajärjestelmien erot .....	12
5.2	Automaatiojärjestelmien prioriteetit .....	12
6	PROJEKTIN TOTEUTUS .....	14
6.1	Esisuunnittelu ja projektin rajaus.....	14
6.2	Kenttäsuunnittelu.....	14
6.3	VEP järjestelmän pystyttäminen .....	14
6.4	Sovellussuunnittelu .....	14
6.5	Käytetyt työkalut .....	15
6.6	Lisenssi.....	18
6.7	FAT testaus .....	18
6.8	IO testaus .....	22
6.9	Asennusvaihe .....	22
6.10	Käyttöönotto ja SAT .....	22
6.11	Järjestelmän luovutus.....	23
6.12	Toimintatapamuutokset projektin seuraavaan vaiheeseen .....	23
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET, POHDINTA.....	24
7.1	Viekö automaatio työpaikkoja .....	25
	LÄHTEET .....	26

## KUVALUETTELO

Kuva 1. Esimerkkiprojekti ilman VEP ympäristöä (Honeywell Oy 2021).....	7
Kuva 2. Esimerkkiprojekti VEP ympäristöllä (Honeywell Oy 2021).....	8
Kuva 3. Honeywell EPKS järjestelmäkaavio (Joyoung 2021).....	10
Kuva 4. VEP järjestelmään yhdistäminen HW (Honeywell Oy 2021).....	11
Kuva 5. CIA/AIC malli (Honeywell Oy (1) n.d).....	13
Kuva 6. Projektipuolen järjestelmärakenne (Miettinen 2024).....	15
Kuva 7. Monitoring puolen järjestelmärakenne (Miettinen 2024).....	16
Kuva 8. Projektipuolen sybolit (Miettinen 2024).....	16
Kuva 9. Kuvitteellinen operointinäkyvä HMIBuilderissa (Miettinen 2024).....	17
Kuva 10. Kuvitteellinen operointinäkyvä (Miettinen 2024).....	17
Kuva 11. Viiveen vaikutus ohjelmistojen käyttöön (Honeywell Oy 2021).....	19
Kuva 12. IO referenssi palikoiden koon muuttuminen (Miettinen 2024).....	20
Kuva 13. IO referenssi palikoiden koon muuttuminen käytännössä (Miettinen 2024).....	20
Kuva 14. Virtuaalijärjestelmän operointikuvan skaalaus ongelma (Miettinen 2024).....	21

## 1 TYÖN TAUSTA JA TARKOITUS

Työssä toteutettiin erään Honeywell OY:n asiakkaan voimalaitoksen automaatioprojekti, jonka tarkoituksena on vaihtaa asiakkaan vanha automaatiotarkkaisu kokonaan Honeywell EPKS järjestelmään. Projekti toteutetaan kolmessa vaiheessa, joista ensimmäisestä tehdään opinnäytetyö ja se toimii pohjana tuleville vaiheille sekä muille samankaltaisille projekteille.

Työssä tarkkailtiin virtuaaliympäristön ja järjestelmätyökalujen toimintaa projektin rakennusalustana, kun tekijöitä on useita eripuolella maailmaa. Virtuaaliympäristön vaikutuksia projektin etenemiseen tarkkailtiin suunnittelu-, testaus-, käyttöönotto-, ja jatkovaiheisiin siirryttäessä.

Asiakas tulee pysymään täysin nimettömänä opinnäytetyössä, joten kaikki kuvat järjestelmästä ja työkaluista sekä operointinäkymistä ovat vain havainnollistavia. Kaikki järjestelmänimet, automaatiopositiot ja laitekuvaukset ovat myös vain esimerkkejä. Kuitenkin projektin kokoluokan esille tuomiseen käytetään oikeita IO-, kaappi- ja operointinäyttömääriä, niistä sen enempää kertomatta.

## 2 LYHENTEET

Lyhenteet on järjestelty opinnäytetyön luettavuuden kannalta laskevaan tärkeysjärjestykseen. Ylimmät seitsemän ovat paljon käytettyjä ja syytä muistaa.

EPKS - Experion Process Knowledge System

VEP - Virtual Engineering Platform

FAT – Factory acceptance testing

PLC / C300 - programmable logic controller, C300 projektissa käytetty kontrolleri

IO - input output kanava

UIO - universal input output, IO tyyppi määritettävissä ohjelmasta

CM – Control Module

Operointikuva - Prosessialueen kuva, jossa laitteet ja mittaustiedot näkyvät.

Popup kuva - Operointikuvan päälle avautuva pienempää ikkuna, joka sisältää usein lisätietoja laitteesta (ei pidä sekoittaa faceplateen) tai sekvenssejä

Järjestelmäkaappi - Sähkötilaan sijoitettava sähkökaappi, joka voi sisältää servereitä, kontrollereja IO- ja UMS moduuleita

Operointiasema - Tehtaan operaattoreiden operointikäyttöön konfiguroitu tietokone

Insinööriasema – Operointiasemaa laajemmilla käyttöoikeuksilla ja pääsyllä sovellussuunniteluohjelmaan varutettu tietokone.

Operointinäyttö - Yksi monitori, jossa voi näkyä useita operointikuvia.

HMI – Human Machine Interface

CEE - Control Execution Environment

DCS - Distributed Control System

UMS - Universal Marshalling Solution

SAT – Site acceptance testing

FTE – Fault Tolerant Ethernet, EPKS järjestelmän laitteiden kommunikointiverkko

CN100 – Projektissa käytetty adapterina laitteiden liittämiseen FTE verkkoon

CAD – Computer Assisted Design

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition

OPC UA - Open Platform Communications Unified Architecture

DSA – Distributed System Architecture

SSL VPN - secure sockets layer virtual private network

### 3 VIRTUAALIJÄRJESTELMÄT

Virtuaalijärjestelmillä voidaan nykyään tarkoittaa hyvin montaa asiaa. Joskus virtuaalijärjestelmä on jokin prosessin osa, koodin pätkä, 3d malli tai kokonainen tehdas. Kuitenkin suurimmassa osassa virtualisoitavia kohteita haluteen varmistua laitteiston toiminnasta, jo ennen kuin järjestelmä on asennettu käyttöpaikkaansa. Esimerkiksi simuloimalla moottoreita, nopeus- ja momenttisäätimiä sekä liikkuvia osia, voidaan laitteistosta testata normaalitoiminnan – kuten lukitukset ja automaattitoiminnot – lisäksi turvatoimintoja ja vikatilanteita. Virtualisointia kannattaa siis hyödyntää kohteissa joissa, toiminta on taattava ensimmäisestä käynnistyksestä lähtien.

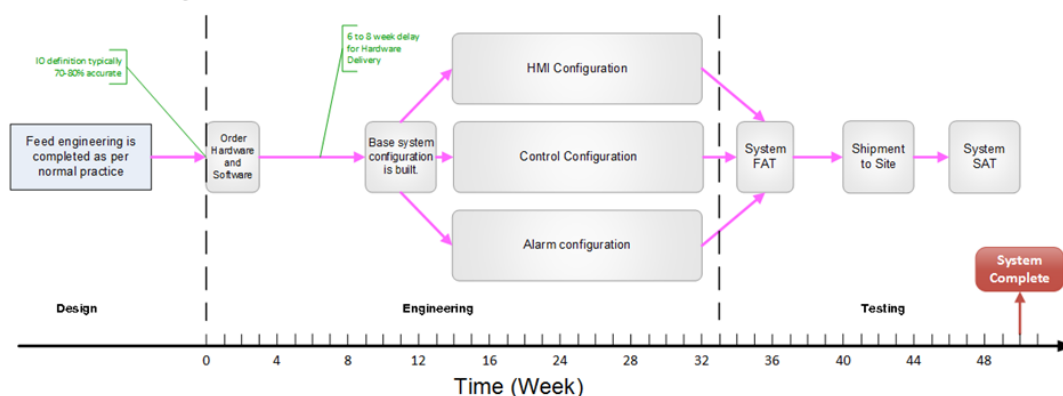
#### 3.1 Virtualisointi

Ennen automaatiojärjestelmien virtualisoinnin yleistymistä täytyi automaatioprojektissa rakentaa erillisiä, usein kertakäyttöisiä, testiympäristöjä, joissa mitta-, säätö- ja toimilaitteita jouduttiin asentamaan ja purkamaan järjestelmän ympärille ennen varsinaista asennusta.

Automaatioprojekteissa järjestelmän piti olla käytännössä täysin valmis, ennen kuin toiminnallisuuksia voitiin testata. Virtualisoinnin avulla voidaan projektia edistää useammalta alueelta yhtä aikaa. Esimerkiksi logiikan ja operointinäyttöjen rakentaminen ja testaus voidaan tehdä täysin ennen, kuin yhtään johtoa on automaatiojärjestelmään kytketty.

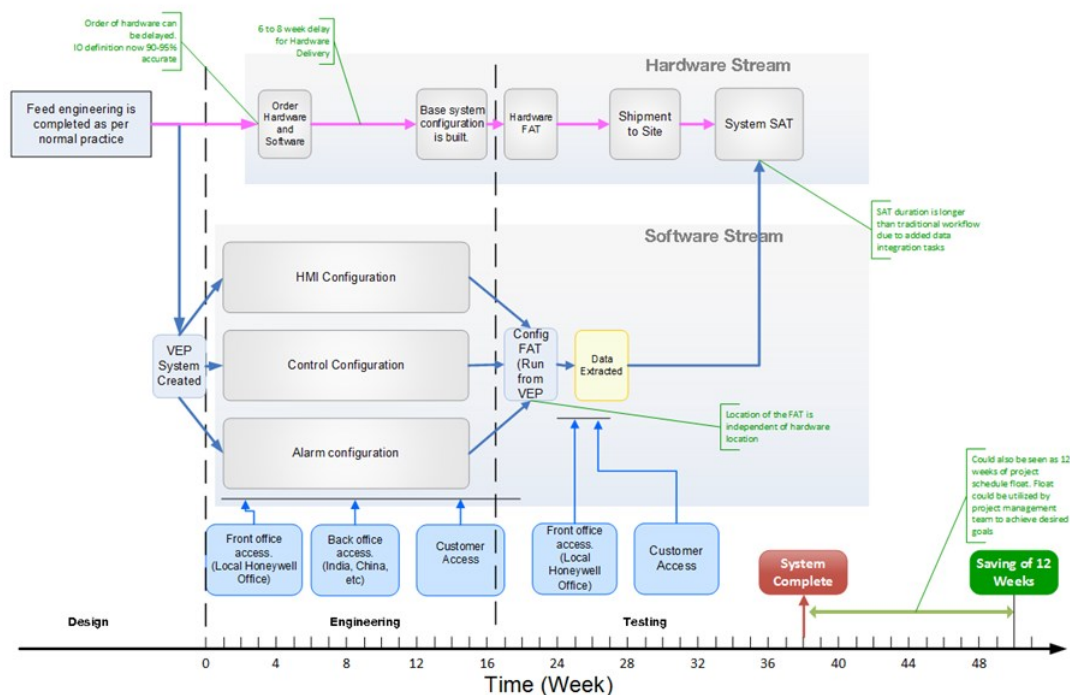
Kuvissa 1 ja 2 havainnollistus esimerkkiprojektin etenemisestä virtuaalijärjestelmän kanssa ja ilman sitä. Kuvan 1 projekti ilman virtuaalijärjestelmää etenee suoraviivaisesti komponenttien tilauksesta eteenpäin. Jos tilaus myöhästyy viikon, myöhästyvät kaikki seuraavatkin vaiheet. Kuvan 2 projekti ei ole riippuvainen fyysisen järjestelmän valmiudesta eikä sijainnista, joten mahdolliset viivästykset eivät kerääny projektin loppuvaiheen kiireeksi. Mikäli projekti etenee suunnitellun mukaisesti, säästyy aikaa tilauksen ja järjestelmän ylös ajon verran, joka esimerkkiprojektissa on 12 viikkoa.

#### Traditional Project Workflow



Kuva 1. Esimerkkiprojekti ilman VEP ympäristöä (Honeywell Oy 2021)

## LEAP Project Workflow



Kuva 2. Esimerkkiprojekti VEP ympäristöllä (Honeywell Oy 2021)

### 3.2 Virtuaalinen kaksonen (virtual twin)

Virtuaalinen kaksonen on täysin virtualisoitu kokonaisuus, jossa esimerkiksi kaikki laitteiston osat logiikasta moottorien kannakkeisiin on mallinnettu ja toiminta simuloitavissa. Siemensin virtuaalisten kaksosten tietosivulla (Siemens n.d) kerrotaan että kaksosissa oikeaa prosessidataa voidaan takaisin kytkeä simulointiin reaaliaikaisena tai lähes reaaliaikaisena. Näin voidaan luoda ”closed loop” ohjaus, jossa haluttua ohjausarvoa verrataan todelliseen mittaukseen, jolloin ohjausta säädetään erosuureen avulla. Osassa kaksosista on mukana fysiikkasimulointi, jossa matemaattisin mallein voidaan simuloida mekaanisia, termodynaamisia ja elektromagneettisia ominaisuuksia.

Siemensin tietosivun mukaan kaksosten korkeasta hinnasta huolimatta niitä käytetään tuotanto-, lääke- ja energiateollisuudessa. Virtuaalisia kaksosia on kolmenlaisia: tuote-, prosessi- ja järjestelmäkaksosia. Tuotekaksosia käytetään yleensä suunnitteluun, testaukseen ja simulointiin. Ne auttavat insinöörejä ja suunnittelijoita testaamaan ja analysoimaan tuotteen toimintaa erilaisissa tilanteissa, jo ennen tuotannon aloittamista. Prosessikaksosia käytetään kompleksien järjestelmien tarkasteluun, simulointiin ja ohjauksen. Niiden avulla voidaan tehdä parempia optimointi päätöksiä tuotantolaitoksissa, sähköverkoissa ja logistiikkaketjuissa. Järjestelmäkaksoset koostuvat kokonaisista tuoteperheistä ja järjestelmistä. Niissä yhdistellään useita virtuaalisia kaksosia, tuotteita ja prosesseja yhdeksi todella yksityiskohtaiseksi simulointiympäristöksi. Tällaisilla kaksosilla voidaan mallintaa haastavia tai suuria kokonaisuuksia kuten kokonaisia kaupunkeja ja tehdasalueita (Siemens n.d).

Teollisuudessa virtuaalisten kaksosten käyttö on vielä vähäistä, sillä niiden rakentaminen on hidasta ja kallista, eikä moni järjestelmä hyödy näin kattavasta virtualisoinnista.

## 4 HONEYWELL EPKS JA VEP

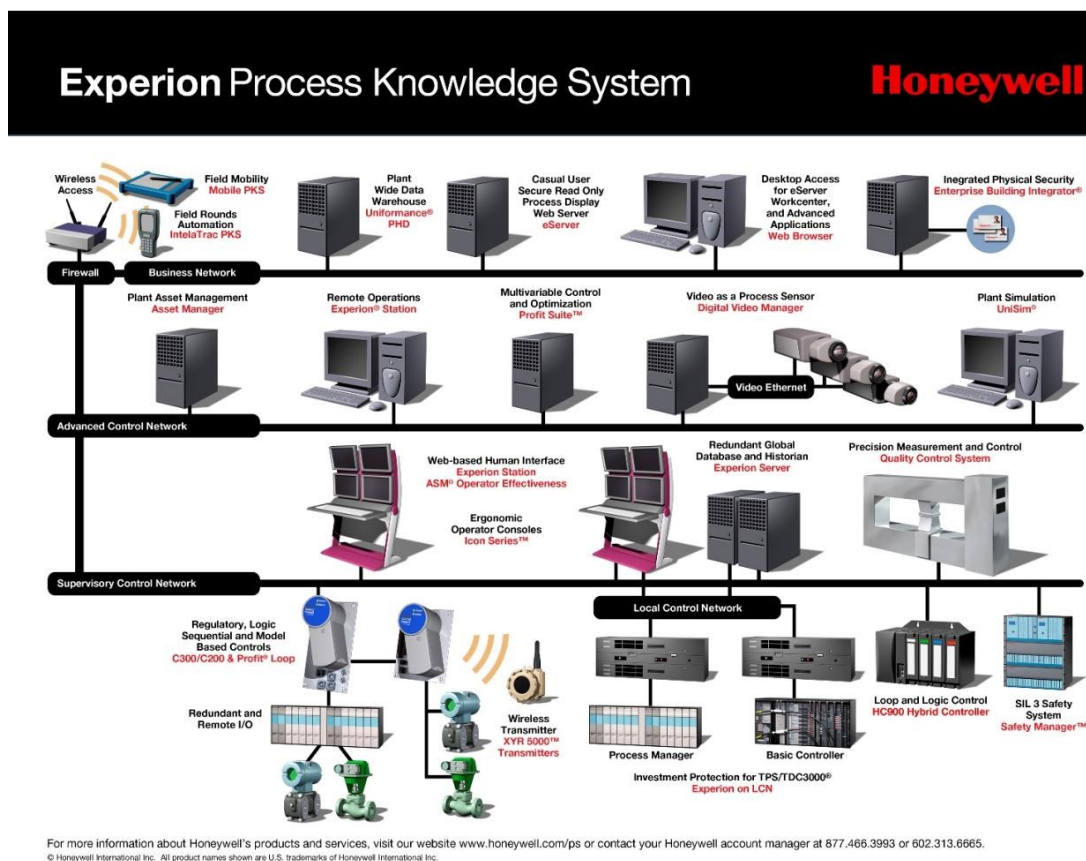
Honeywell EPKS (Experion Process Knowledge System) on Honeywellin DCS (Distributed Control System) ratkaisu, jota voidaan simuloida kokonaan VEP (Virtual Engineering Platform) ympäristössä. EPKS on automaatiojärjestelmä, johon kuuluu järjestelmäserverit, operointiasemat, tietoverkko ja prosessin ohjauslaitteet asiakkaan tarpeiden mukaan. EPKS järjestelmään voidaan yhdistää helposti tarvittaessa useita EPKS järjestelmiä ja luoda yksi yhteinen ohjausympäristö. VEP:issä voidaan määritellä ja kasata asiakkaan tarvitsema laitteisto, luoda sekä testata tarvittavat logiikkapiirit sekä operointinäytöt täysin virtuaalisesti. (Honeywell Oy (2) n.d)

### 4.1 EPKS Esittely

Honeywell EPKS järjestelmään pääkomponentteihin kuuluvat serverit, jotka pitävät sisässään prosessi- ja historiatietokannat. Operointi- ja suunnittelupäätteet, josta järjestelmää ohjataan ja muokataan. Kontrollerit, jotka suorittavat suunniteltua logiikkaa ja ohjaavat kenttälaitteita joko IO kanavilla tai kenttäväylillä. Tiedonsiirtoverkko kaikkien liitettävien laitteiden välillä. Kaikista pääkomponenteista on mahdollista käyttää kahdennettua paria, joka takaa laitteen toimivuuden, vaikka osa niistä vikaantuisi. (Honeywell Oy (2) n.d.)

Kuvassa kolme on yleiskatsaus siitä mitä EPKS järjestelmä voi sisältää ja miten laitteet kytkeytyvät toisiinsa. Järjestelmä on jaettu kolmeen karkeaan tasoon: asiakkaan toimistoverkko, ylätason ohjausverkko ja prosessin ohjausverkko. (Honeywell Oy (2) n.d.)

Prosessia ohjaavaan verkkoon on suora pääsy vain hyvin rajatuilla laitteilla ja henkilöillä. Tällä tasolla prosessia ohjataan, laitteita käynnistetään ja sammutetaan sekä muutetaan venttiileiden asentoja. Ylätason ohjausverkossa keskitytään säätämään esimerkiksi polttoaineiden, päästöjen ja hyötysuhteen optimointia. Ylätason verkkoon liitetään myös laitteet, jotka eivät suoranaisesti ohjaa tai vaikuta prosessiin, kuten kameravalvonta ja mahdolliset simulointiympäristöt. Näin turha tietoliikenne saadaan siirrettyä pois prosessiverkosta. Asiakkaan toimistoverkkoon voidaan liittää laitteita, joilla nähdään prosessin tila muttei voida ohjata mitään. Myös prosessidatan historia säilötään asiakkaan sisäverkosta päästävään paikkaan. (Honeywell Oy (2) n.d.)

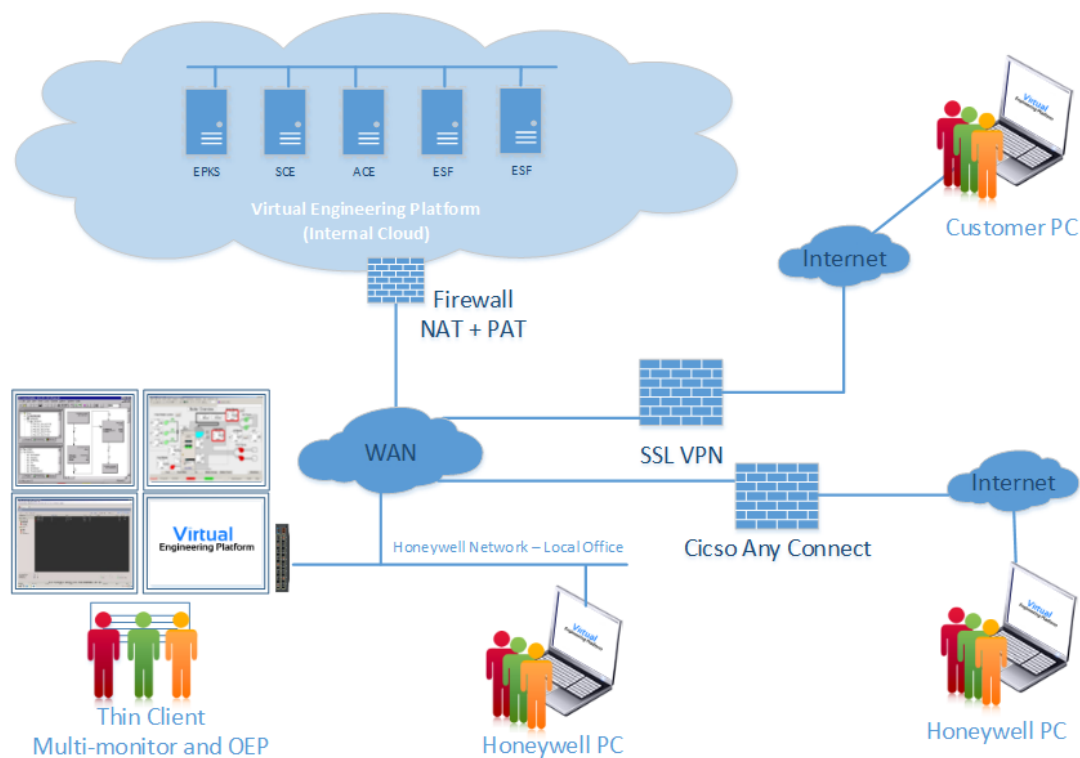


Kuva 3. Honeywell EPKS järjestelmäkaavio (Joyoung 2021)

EPKS järjestelmän prosessiverkossa laitteet kommunikoivat FTE (Fault Tolerant Ethernet) järjestelmävyylillä. FTE verkossa jokaiselle laitteelle tuodaan yleensä 2 Ethernet kaapelia, jolloin jonkin yksittäisen kaapelin tai kytkimen vikaantuessa ei datan kulku pysähdy. FTE verkko mittaa omaa toimintakykyään jatkuvasti, etsien nopeinta kommunikointivyylää laitteiden välillä. (Honeywell Oy (3) n.d.)

#### 4.2 VEP ympäristö

VEP on virtuaalikoneiden kokonaisuus Honeywellin datacenterissä, joihin on virtualisoitu oikeaan järjestelmään kuuluvat komponentit kuten: serverit, sovellustyökalut ja operointiasemat. Järjestelmään voidaan kirjautua mistä tahansa käyttämällä erinäisiä VPN yhteyksiä. Kuvassa neljä esitetään VEP järjestelmän yhdistämismahdollisuudet. Yleisesti asiakkaille luodaan erillinen SSL VPN yhteys, kun taas Honeywellin työntekijöillä oli käytössään Cisco Any Connect:illa toteutettu ratkaisu.



Kuva 4. VEP järjestelmään yhdistäminen HW (Honeywell Oy 2021)

#### 4.3 PKS IO HIVE, UIO ja UMS

PKS IO HIVE, tai lyhyesti IO HIVE (Highly Integrated Virtual Environment) mahdollistaa minkä tahansa IO kanavan liittämistä yhteen tai useampaan kontrolleriin, vaikka ne eivät ole samassa fyysisessä kohteessa. (Honeywell Oy (1) 2020)

UIO (Universal Input Output) kortit ovat 32 kanavaisia IO kortteja, joiden kanavatyyppi (AI/AO/DI/DO) on ohjelmallisesti määritettävissä. Suurin hyöty UIO kortissa normaaliin IO korttiin on mahdollisuus tehdä kanavatyyppimuutoksia projektin myöhäisessä vaiheessa, ilman että kytkentäkaapeleita tai kytkentöjä tarvitsee muokata (Honeywell Oy 2017).

UMS (Universal Marshalling Solutions) on 16 kanavainen IO adapteriratkaisu, jossa on kanavakohtaisesti vaihdettavat adapterit, sulakkeet ja erotusvivut. Adaptereja on 10 erityyppistä – esimerkiksi: analogierotin, rele tulo ja passiivinen läpivienti – ja yhdessä UIO korttien kanssa luovat mahdollisuuden lähes kaiken tyyppisiin tulo ja lähtösignaalien yhdistelmiin. (Honeywell Oy (2) 2020)

## 5 AUTOMAATIO- JA KULUTTAJAJÄRJESTELMÄT

Automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan mitä tahansa järjestelmää, joka on suunniteltu minkä tahansa teollisuuden prosessin ohjaamiseen sisältäen tietokoneet ja ohjelmistot. Tällaisia järjestelmiä ovat DCS ja QCS järjestelmät, itsenäiset logiikkakontrollerit ja niihin liittyvät sovellukset (Honeywell Oy (1) n.d).

Kuluttajajärjestelmällä tarkoitetaan yksityishenkilöille suunnattuja laitteita ja ohjelmistoja, joiden toimintavarmuus ei ole kriittistä. Tällaisia järjestelmiä ovat esimerkiksi normaalit kannettavat tietokoneet, puhelimet ja lähes kaikki niiden sovellukset, kuten tekstin- ja videoiden editointisovellukset (Honeywell Oy (1) n.d).

### 5.1 Automaatio- ja kuluttajajärjestelmien erot

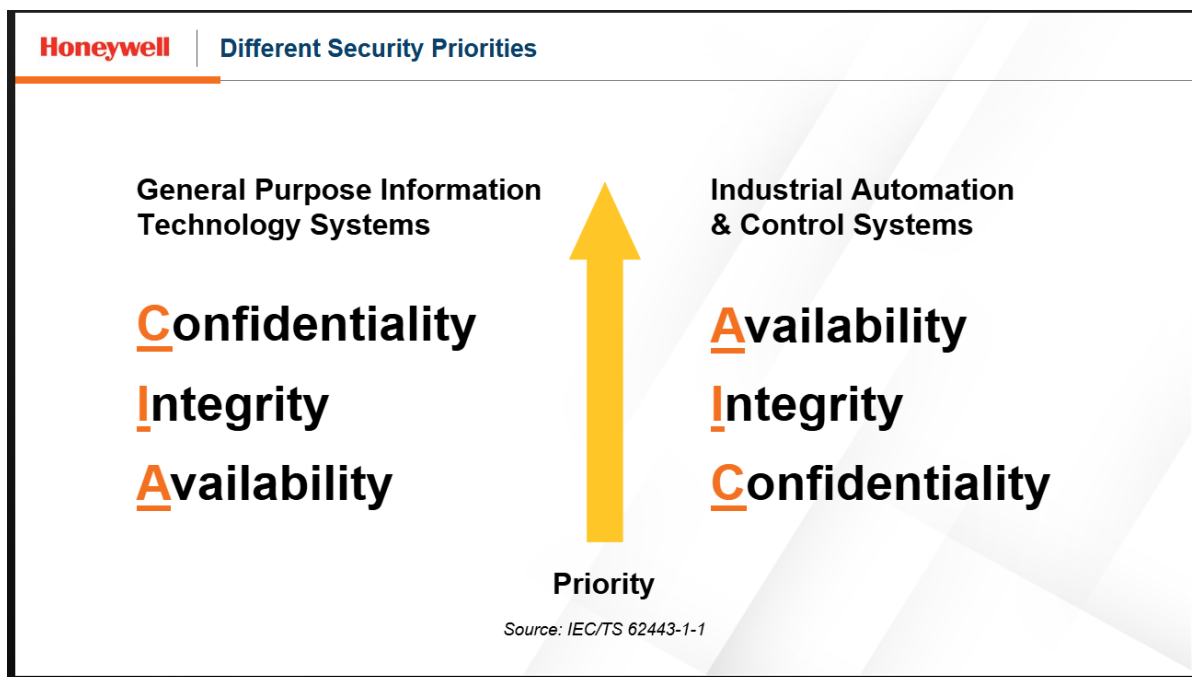
Automaatiojärjestelmien servereiden tai kontrollerien uudelleenkäynnistäminen ei välttämättä ole mahdollista prosessin ajoaikana, jolloin uudelleenkäynnistäminen tapahtuu huoltotoimien yhteydessä. Yleensä tällaisia huoltoja on noin kerran vuodessa, mutta joskus uudelleenkäynnistysten voi venyä useampiin vuosiin.

Automaatiojärjestelmien elinkaari on yleensä moninkertainen kuluttajatuotteisiin verrattuna. Esimerkkinä kuluttajatuotteista voidaan ottaa tietokone, joiden normaali käyttöikä on 3-5 vuotta, kun taas automaatiojärjestelmiä uusitaan useiden vuosikymmenten välein. Automaatiojärjestelmän tyyppinen käyttöikä on 10-30 vuotta ja suurin syy uusimiseen on tuotetuen ja varaosien loppuminen.

Joissain tilanteissa automaatiojärjestelmien pienikin muutos saattaa tarvita virallisen hyväksynnän tai sertifikaatin, usein lääketieteellisyys, räjähdysherkät ja mahdollisesti mittavaa ympäristötuhoa aiheuttavat prosessit. Muutosten testausalustana ei aina voida käyttää olemassa olevaa tuotantolinjaa, jolloin testi- tai virtuaalijärjestelmä on pakollinen. Kuluttajajärjestelmissä ongelmat voidaan korjata nopeasti pienellä päivityksellä, jolla suurin osa käyttäjäryhmästä pidetään tyytyväisenä. Esimerkkinä Windows päivitykset, jotka toimivat suunnitellusti suurimmalla osalla käyttäjistä ja aiheuttavat ongelmia vain pienellä ryhmällä.

### 5.2 Automaatiojärjestelmien prioriteetit

Automaatiojärjestelmien prioriteetit eroavat huomattavasti yleiseen käyttöön suunnitelluista järjestelmistä. Kuten alla olevassa CIA/AIC mallista nähdään, ovat järjestelmien prioriteetit päinvastaiset toisiinsa verrattuina.



Kuva 5. CIA/AIC malli (Honeywell Oy (1) n.d)

Confidentiality eli luottamuksellisuus varmistaa, ettei ulkopuoliset ja luvattomat tahot pysty käyttämään tietojärjestelmää, tai sen sisältämää dataa. Useimmiten datan käyttöä ja käsiteltävyyttä rajataan käyttäjätunnuksilla, salasanoilla ja datan salausta algoritmeilla. Esimerkiksi EPKS järjestelmässä kaikilla käyttäjillä ei välttämättä ole omaa salasana vaan operointiasemalla voi olla yksi yhteinen salasana. Yhteinen salasana on yleensä riittävä suojautumiskeino mahdollisia paikanpäältä tapahtuvia väärinkäyttöjä vastaan, varsinkin kun laitoksen operaattorit ovat paikalla vuorokauden ympäri.

Integrity eli eheys varmistaa, että käsiteltävä data on peukaloimatonta ja että siihen voidaan luottaa. Esimerkiksi EPKS järjestelmässä kaikki data kulkee ennalta määrättyjä reittejä palomuurien kautta, jotka pysäyttävät kaiken ylimääräisen dataliikenteen, eikä kuka tahansa pysty käyttämään FTE verkkoa, vaikka virheellisten prosessiarvojen syöttämiseen tai datankeruuseen.

Availability eli saatavuus varmistaa, että järjestelmä on toimintavalmiudessa ja käytettävissä, kun käyttäjä tai automaattika sitä tarvitsee. Automaatiojärjestelmissä saatavuus on yleensä reaaliaikaista datansiirtoa ja varmuutta siitä, että operaattorien ohjaukset rekisteröidään, toiminnot tapahtuvat viiteaikojen sisällä, datan keruu ja esittäminen on selkeää. Saatavuutta on parannettu automaatiojärjestelmissä kahdennuksella, niin kontrollereissa, IO:ssa ja kommunikointiväylissä. Näin jonkin yksittäisen osan vikaantuminen ei pysäytä prosessia tai estä operointia.

## 6 PROJEKTIN TOTEUTUS

Tässä kappaleessa käydään läpi projektin vaiheet kronologisessa järjestyksessä, kerrotaan niiden toteutuksesta ja haasteista.

### 6.1 Esisuunnittelu ja projektin rajaus

Esisuunnittelussa kartoitettiin projektin laajuutta, ohjattavia toimilaitteita ja prosessin ohjaukseen liittyviä toimintoja. Suuren mittaluokan projekti pilkottiin osiin ja toteutetaan useassa vaiheessa. Automaatiojärjestelmä projekti suunnitellaan esimerkiksi prosessialue, kontrolleri tai IO kaappi pohjaisesti. Tässä projektissa rajaus päädyttiin toteuttamaan kontrolleri ja kaappipohjaisesti.

Tässä vaiheessa kartoitettiin myös asiakkaan tarpeet ja esiteltiin uuden järjestelmän ominaisuuksia. Hyvänä esimerkkinä tästä on IOHIVE, jolla jokainen kontrolleri pystyy lukemaan jokaista HIVEen liitettyä IO tietoa. Näin kentän suunnittelua, tulevien instrumenttien asettelua ja kaapelointia voidaan helpottaa kytkemällä ne lähimpään hajautusyksikköön (Honeywell Oy (1) 2020).

### 6.2 Kenttäsuunnittelu

Kenttäsuunnittelussa kentän tarpeet kuten prosessitilojen kenttäkaappien paikat, johtoreitit, käytettävät kommunikointiväylät kartoitetaan. IO moduulien paikat ja määrät suunnitellaan tämän selvityksen pohjalta. UIO ja UMS moduuli yhdistelmällä kenttäsuunnittelusta tehtiin mahdollisimman helppoa. Jokaiseen IO kaappiin ja IO kanavaan voitiin konfiguroida sopiva IO tyyppi ja laittaa mahdollinen adapteri UMS moduuliin (Honeywell Oy (1) 2020), eikä yksittäisen analogikanavan takia tarvinnut tuhlata kokonaista analogikorttia. Näin jokainen instrumentti voidaan kaapeloida lähimmälle IO kaapille.

### 6.3 VEP järjestelmän pystyttäminen

VEP järjestelmän pystytetään projektitiimin pyynnöstä, projekti teki vain hakemuksen järjestelmän pystyttämistä varten. Alkutietoina lomakkeelle tarvitaan: järjestelmän tyyppi, versio, käyttäjämäärä, asiakkaan nimi, projektinumero sekä virtuaalijärjestelmästä vastaava henkilö, joka usein on pääsuunnittelija. Kaikkien verkossa olevien EPKS virtuaaliympäristöjen luominen tapahtuu samanlaisella lomakkeella.

### 6.4 Sovellussuunnittelu

Demo logiikka ja kuvat on tehty aikanaan projektin VEP ympäristöön ja asiakkaan järjestelmän suojaamiseksi kuvia on rajattu niin ettei koko työkalu ole nähtävissä. Rajattujen alueiden ulkopuolelta paljastuisi nimiä ja/tai positiota, jotka ovat asiakkaan oikeassa järjestelmässä. Mallipiirit eivät ole projektissa käytettyjä, mutta käyttävät samoja logiikkalohkoja ja tekevät samankaltaisia toimintoja kuin projektissa. Nämä mallipiirit ovat siis havainnollistavina esimerkkeinä äärimmäisen yksinkertaisesta toiminnasta.

Mallipiiri on yleensä jonkin tietyn tyyppisen laitteen tai toiminnan ohjaamiseen ja lukemiseen tarkoitettu kokonaisuus, jota voidaan kopioida nopeasti, niin että toiminnallisuudet pysyvät samoina laitteiden välillä. Mallipiirien liittäminen laitteen tietoihin ja ohjauksiin on tehty helpoksi ja nopeaksi, yleensä riittää, kun antaa laitteille nimet, kuvaukset ja IO määrittelyt esimerkiksi Excelissä. Tämän

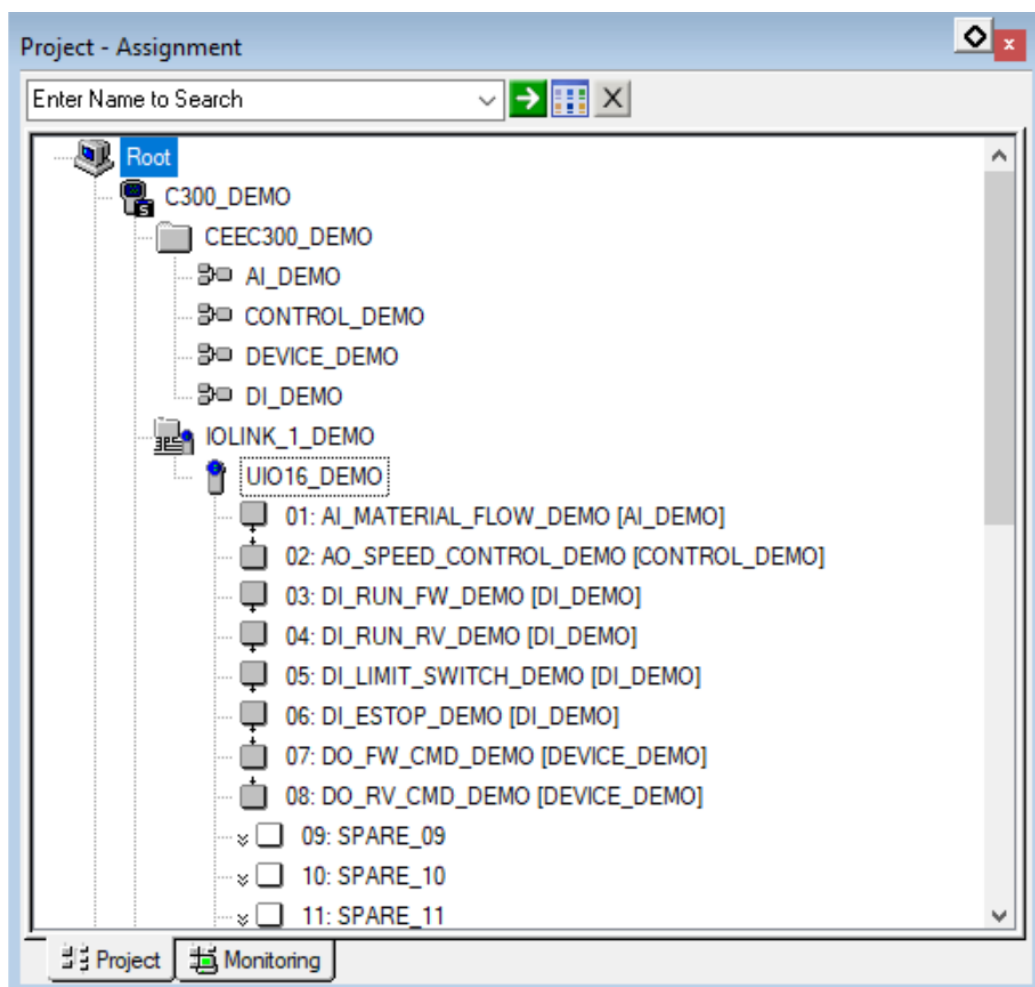
jälkeen logiikat voi luoda suurena massana ja muokata niitä yksittäisiä laitteita, joiden toiminnassa on jotain normaalista mallipiiristä poikkeavaa.

## 6.5 Käytetyt työkalut

Control Builder sovelluksella kasattiin logiikan rakenne ja kommunikointiväylät. Ohjelmasta löytyy normaalin logiikan rakennukseen ja tarkailuun työkaluja, joista tullaan käyttämään termejä ”monitoring-puoli” ja ”projekti-puoli” seuraavasti.

Logiikkapiirit rakennetaan projektipuolen työtilassa, jossa voidaan lisätä ja yhdistellä logiikkapaloja toisiinsa, muokata nimiä ja hälytyksiä sekä viiveitä. Projektipuolelle rakennettu logiikka ladataan kontrollerille – tai simulointiympäristöön – jolloin se ilmestyy monitoring puolelle tarkasteltavaksi. Monitoring puolella logiikan todellista tilaa ja prosessiarvoja voi tarkastella ja tehdä tiettyjä pieniä muutoksia.

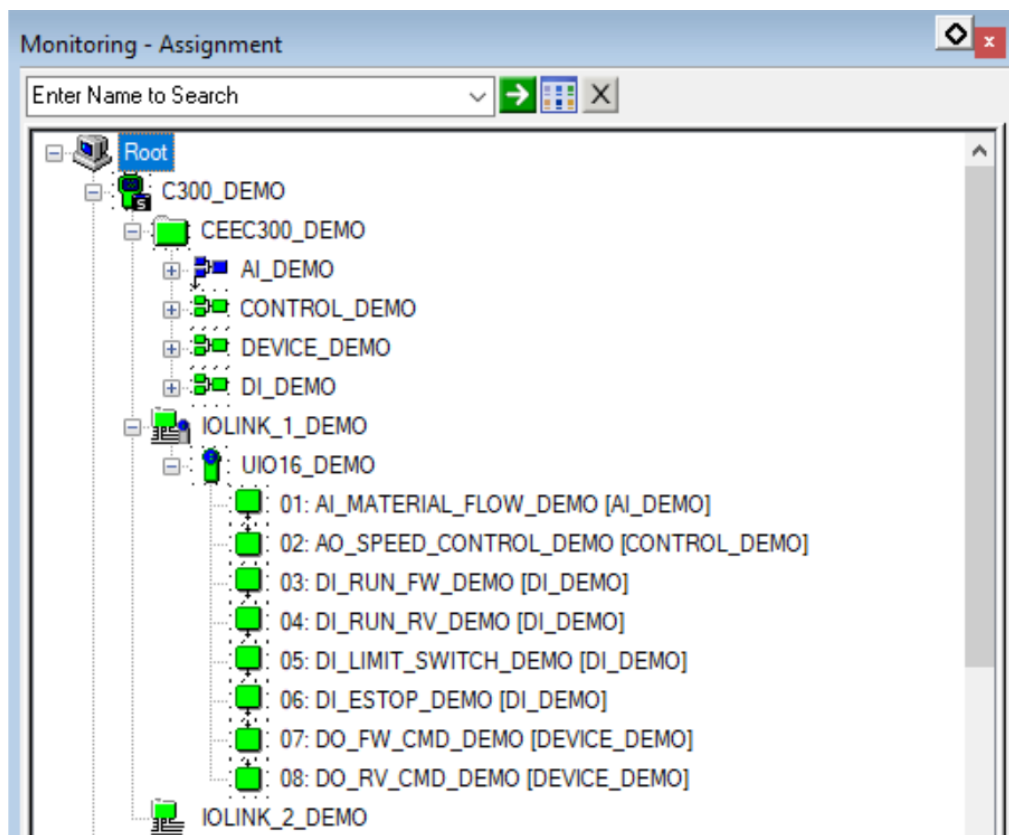
Kuvassa 6. järjestelmärakenne: Root pitää sisällään koko projektin logiikan ja laitteet, kuvaan rajattu vain esimerkkiprojektiin kuuluva C300 kontrolleri jossa yksi ohjelmaympäristö (CEEC300\_DEMO), joka sisältää 4 logiikkapiiriä. Lisäksi CEE:n rinnalla on yksi CN100 hajautusyksikkö (IOLINK\_1\_DEMO), jolla yksi 16 kanavainen UIO kortti, josta käytössä 8 ensimmäistä kanavaa.



Kuva 6. Projektipuolen järjestelmärakenne (Miettinen 2024)

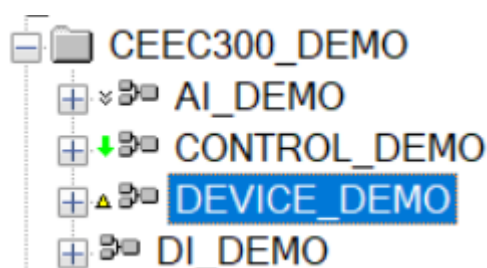
Kuvassa 7. on sama projekti monitoring näkyvässä. Rakenteessa nähdään vihreällä mitkä laitteet ja logiikkapiirit ovat kunnossa ja/tai aktiivisessa suorituksessa. AI\_DEMO piiri on tarkoituksella

pysäytetty eikä ole mukana suorituksessa ja näkyy sinisellä. Mikäli laite toimii osin tai siinä on jotain pienempiä vikoja (kuten yksittäinen IO kanava IO kortissa) olisi värinä keltainen ja yhteysongelmissa värinä on punainen.



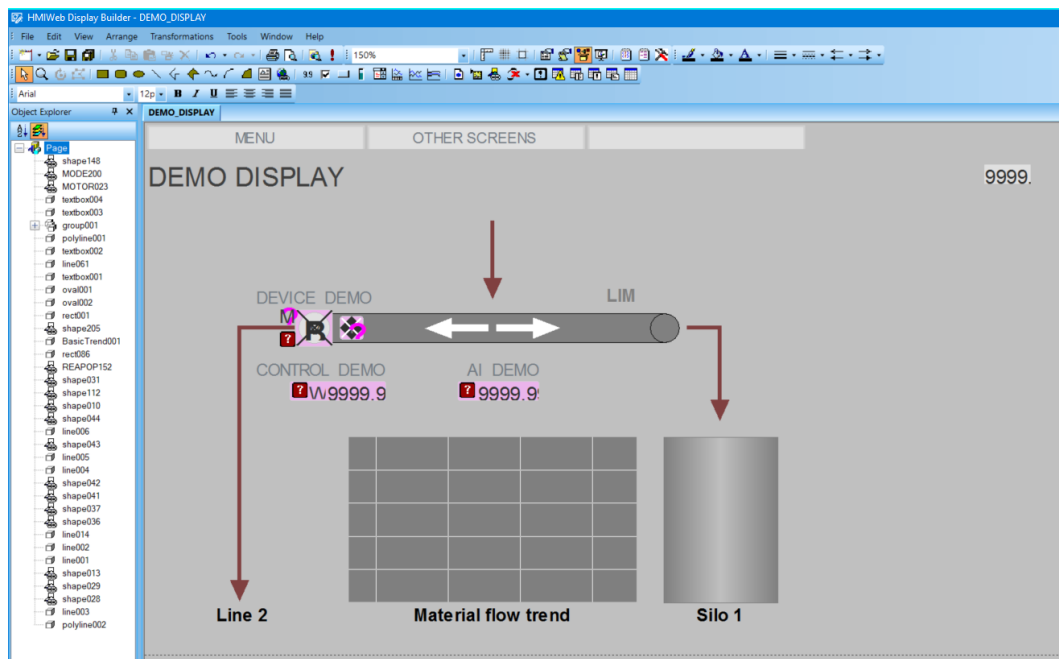
Kuva 7. Monitoring puolen järjestelmärakenne (Miettinen 2024)

Projektipuolelta nähdään myös logiikkapiirien tila seuraavasti. AI\_DEMO piiriä ei ole ladattu kontrollerille, ja nimen vieressä on kaksi mustaa alaspäin osoittavaa väkistä. Vihreä nuoli tarkoittaa nimimuutosta ja sellaiset voidaan ladata pysäyttämättä logiikkapiirin suoritusta. Keltainen kolmio tarkoittaa logiikkamuutosta ja lataaminen vaatii logiikan hetkellisen pysäytyksen. Jos piirin nimen vieressä ei ole mitään symboleita on se ladattu kontrollerille juuri sellaisenaan eikä muutoksia ole latauksen jälkeen tehty.



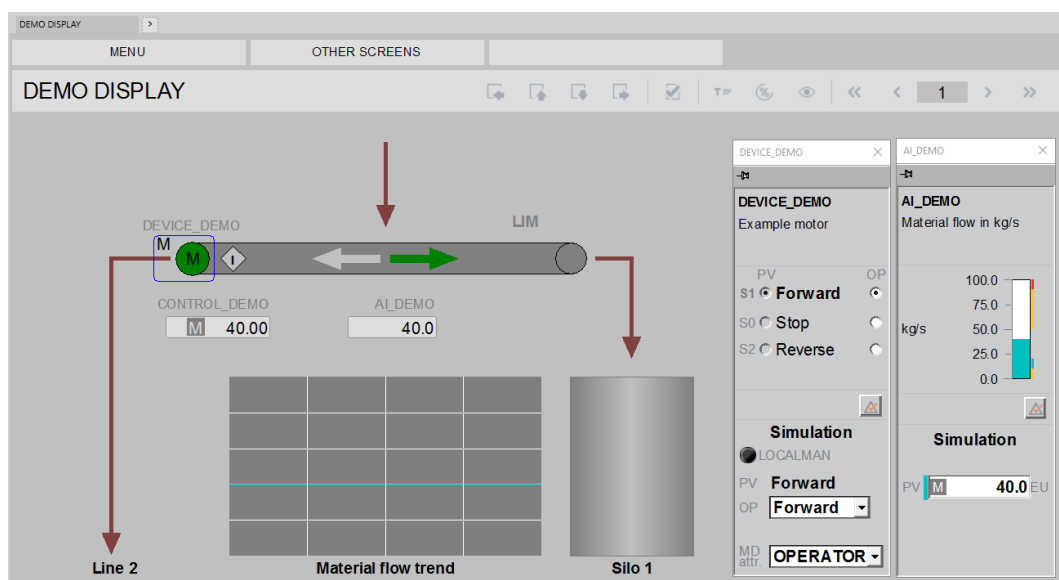
Kuva 8. Projektipuolen sybolit (Miettinen 2024)

Kuvassa 9 HMI Builder, sovelluksella rakennetaan operointikuvat ja valikot. Efekteihin ja trendeihin kytetään joko Quick tai Control Buildereissa luodut datapisteet. Usein operointikuva suunnitellaan muistuttamaan oikeaa prosessialuetta.



Kuva 9. Kuvitteellinen operointinäkyvä HMIBuilderissa (Miettinen 2024)

Operointiasema-sovelluksella, kuva 10, voidaan tehdä joitain järjestelmämäärityksiä, mutta pääsääntöisesti sieltä katsotaan operointikuvia, prosessin ja järjestelmän tilaa ja hälytyksiä sekä ohjataan prosessia. Kuvan oikeassa reunassa kaksi esimerkki faceplatea, joista DEVICE\_DEMO kuvaa kaksisuuntaisen hihnakuljettimen ohjausta ja AI\_DEMO materiaalivirtausmittausta 0-100 kg/s alueella. Mittapalkin oikealla puolella on myös sinisellä, keltaisella ja punaisella materiaalivirran hälytysrajat.



Kuva 10. Kuvitteellinen operointinäkyvä (Miettinen 2024)

Quick Builder sovelluksella voidaan luoda ja määrittellä SCADA pisteet ja niiden skaalaukset. Näitä pisteitä ei tarvitse erikseen tehdä Control Builderin puolelle, vaan niitä voidaan käyttää normaaleiden nimikytkentöjen tavoin.

## 6.6 Lisenssi

VEP järjestelmässä käytettiin sisäiseen testaukseen ja kehitykseen tarkoitettua rajoittamatonta lisenssiä, jolloin jokainen voi huoletta avata, muokata ja tarkastella kaikkea järjestelmään liittyvää rajoituksetta. Normaalissa asiakkaan tuotantolisenssissä rajoitetaan yhtä aikaa päällä olevien suunnittelu- ja operointisovelluksien määrää asiakkaan tarpeisiin sopiviksi. Muita yleisiä rajoituksia ovat käyttäjämäärät, logiikkapisteiden määrä sekä mahdollisuus ominaisuuksien kuten kahdennuksen ja eri kommunikointitapojen kuten OPC UA tai DSA käyttöön.

## 6.7 FAT testaus

Yleensä FAT testaukseen kutsutaan asiakas testaamaan järjestelmän ja logiikan toimintaa Honeywellin Varkauden tehtaalle muutamaksi viikoksi. Näin asiakas ja toimittaja kumpikin varmistuvat, että järjestelmä on tilauksen mukainen. Mikäli testauksessa huomataan muutostarpeita, voidaan niistä pienemmät tehdä työpäivien päätteeksi ja suuremmat muutokset voidaan testata uudelleen erillisellä kerralla tai jättää SAT tai käyttöönnotto vaiheeseen.

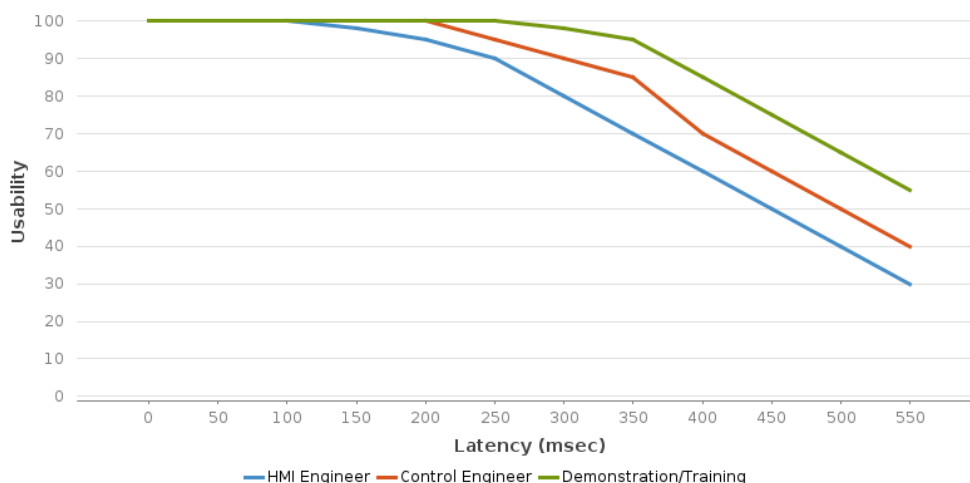
Tässä projektissa FAT suoritettiin asiakkaan luona heidän resurssoinnin helpottamiseksi. Ilman virtuaalijärjestelmää tällainen järjestely ei olisi onnistunut. Testauksen aikataulutus oli muutenkin normaalista poikkeava, kaikkina arkipäivinä ei välttämättä testaukseen saatu tarvittavaa henkilöstöä.

FAT testaus olisi voitu tehdä täysin etänä. Kuitenkin etänä virtuaalijärjestelmällä testaaminen voisi olla mielekäästä toisessa tai kolmannessa projektin vaiheessa. Tällöin järjestelmän peruskäyttö on jo oletettavasti tuttua.

Testauksen alkuvaiheessa huomattiin että vanhan järjestelmän hyvät puolet, uuteen verrattuna, tuotiin hyvin vahvasti esille. Mutta jo muutaman viikon kuluessa löytyi uudesta järjestelmästä toimintoja, joita vanhassa ei ollut tai ei järkevästi pystynyt rakentamaan.

Virtuaalijärjestelmän suurimmat heikkoudet oikeaan järjestelmään verrattuna ovat viiveiden mahdollisuus ja simulointitilojen käytön tarve. Virtuaalijärjestelmän pyöriessä Honeywellin datacenterissä oli viivettä asiakkaan toimistoverkosta kaikkien suojausten läpi keskimäärin 150ms, jolloin järjestelmä tuntui hitaalta ja hieman vasteettomalta mutta kuitenkin käytettävältä. Iltapäivisin verkon liikenne saattoi lisääntyä merkittävästi ja viive kasvoi ajoittain niin suureksi että nopeiden tapahtumien tarkkailu oli vähintäänkin haastavaa. Välillä ei ollut täyttä varmuutta menikö hiiren klikkaus läpi ollenkaan ja tuplaklikkatessa esimerkiksi CM pohjaa tai jotain logiikkalohkoa aukeaa asetus sivu, jonka lataaminen ja sulkeminen vei useita sekunteja toistuvasti. Yksittäisten sekuntien pulssimuotoisten ohjausten todentaminen oikean mittaisiksi oli välillä mahdotonta ja joudutaan luottamaan siihen, että logiikka ja tietojen operointinäytöille tuonti toimii oikeassa järjestelmässä ilman viiveitä.

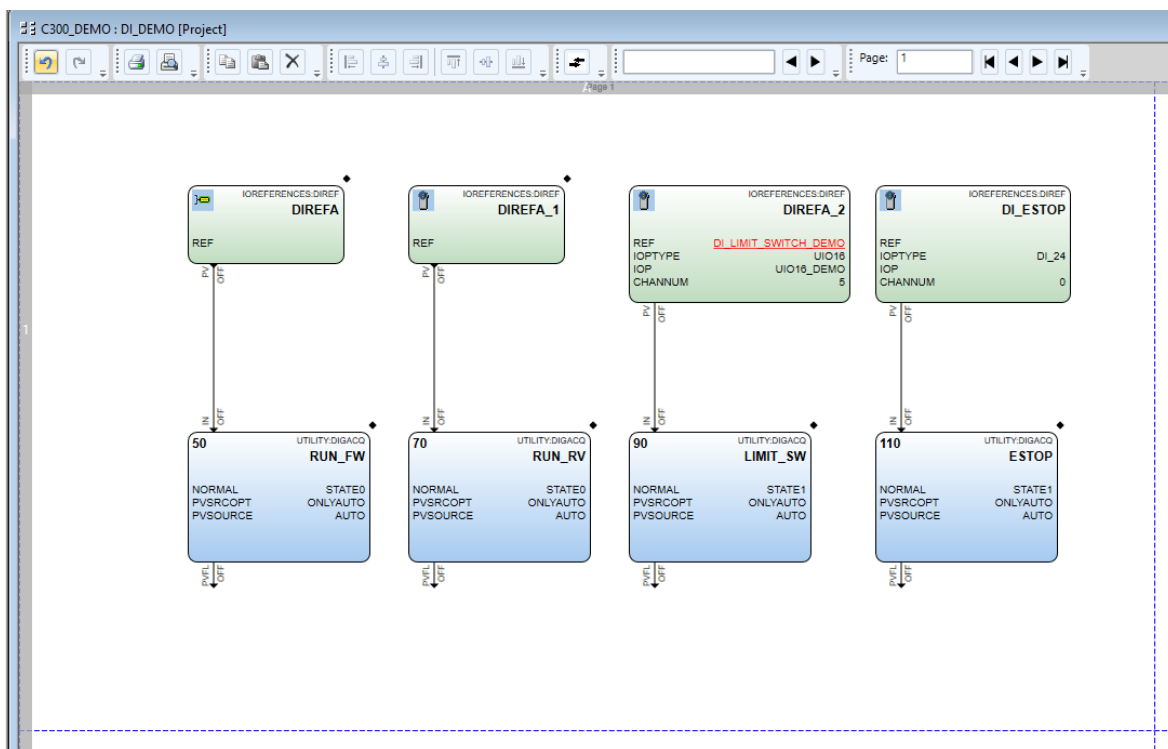
Kuvassa 11 kuvataan viiveiden vaikutusta eri sovellusten käytettävyyteen. Sinisellä HMI suunnittelu, oranssilla logiikka sovellukset simulointineen ja vihreällä järjestelmän esittely-, testi- ja opetuskäyttö. Asiakkaan näkökulmasta käyttö on lähinnä operoinnin harjoittelua ja toiminnan toteamista. Suurimpana osana ajasta asiakas ei kokenut merkittävää haittaa virtuaalijärjestelmästä johtuvista viiveistä, mutta suuresti vaihtelevan viiveen päivinä laitteiden simulointi oli haastavaa. Mikäli asiakas huomasi käytettävyyden heikkenevän oli se muita ohjelmia käyttävällä huomattavasti haastavampaa.



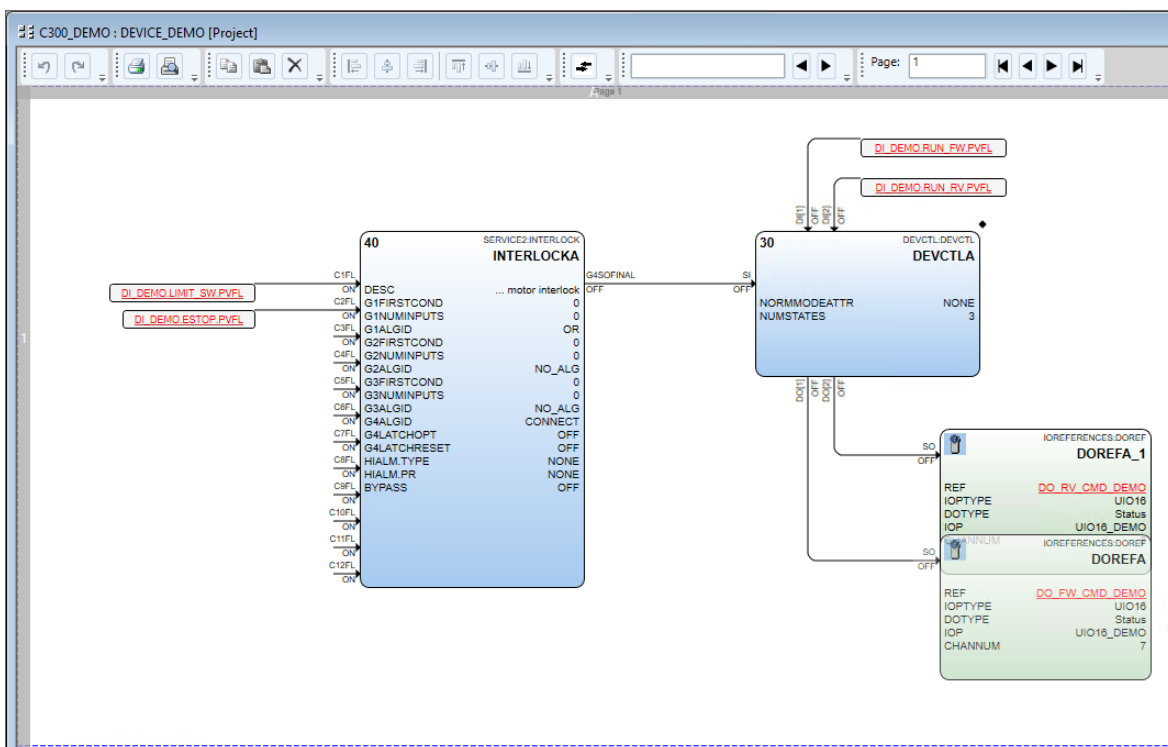
Kuva 11. Viiveen vaikutus ohjelmistojen käyttöön (Honeywell Oy 2021)

Logiikkalohkojen simuloititilaan vaihtaminen oli myös työlästä, jos jokin lohko jäi vaihtamatta aiheutti se logiikan omituista toimintaa ja uudelleen saman testaaminen testiryhmän turhautumista. Ongelmallisimpia olivat ehdottomasti IO referenssi-, mitta- ja ohjauslohkot jotka vaihtoivat tilansa normaaliin toimintaan jokaisen version latauksen välissä. Jos jokin logiikkamuutos oli tehtävä, jokainen siinä CM:ssä oleva edellämainittu lohko tuli vaihtaa takaisin simuloititilaan. Erikoisesta toiminnasta esimerkkinä DEVCLTA lohko, jolla ohjataan päälle/pois tyyppisiä laitteita, tulee laittaa ”track” moodille, jolloin laitteen tilatiedot seuraavat ohjausta, eli simuloivat normaalia ajotilannetta. Mikäli moodin muutosta ei tehnyt ja laitteen ohjasi päälle, tuli hetken päästä hälytys, etteivät tilatiedot muuttuneet määrätysässä ajassa ja ohjaus palautetaan normaaliin tilaansa. Erityisen ongelmallisia olivat laitteet, joilla tilatietojen vaihtumisen valvonta-aika on pitkä. Silloin esimerkiksi moottorin sai päälle, pois ja suunnan vaihdoksen tehtyä ennen valvonta-ajan täyttymistä ja laite näytti toimivan oikein. Jos samainen moottori jätettiin päälle ja testattiin sen toimintaa muiden laitteiden kanssa, moottorin käskemätön pysähtyminen pääsi yllättämään testiryhmän ja logiikan toimintaa kyseenalaistettiin turhaan. Muutaman kerran emme huomanneet lohkokosta puuttuvan track mode valintaa ja etsimme aivan turhaan vikaa logiikasta.

FAT testausten välissä tehtiin Varkaudessa IO testaus, jossa todetaan jokaisen projektissa käytettävän IO kortin ja kanavan toiminta ja oikeat jännite- ja virtaviestialueet. IO määrittelyt tehtiin VEP:issä ja siirrettiin siitä oikeaan järjestelmään. Valitettavasti VEP:issä IO määrittelyissä ei oltu huomioitu FAT testauksen ja virtuaalijärjestelmän tarpeita. IO lohkojen simuloimisesta tuli aikaa vievää. Toiminnalluuksien palauttamiseksi jokainen testattava CM oli ladattava uudelleen, lohkojen paikkoja oli muutettava ja referenssejä poistettava. Kuvassa 12 esimerkki miten vihreän IO referenssilohkon koko muuttuu kun siihen kytketään kanava. Vasemmalta oikealle lohkojen tila: ei mitään määrittelyä, C300 IO, referenssilinen IO, IO referenssi poistettu. Kuvassa 13 ongelma joka koon muutos luo, kun referenssi poistetaan simuloinnin mahdollistamiseksi jää lohko isoksi ja peittää mahdollisesti muita lohkoja. Erään mallipiirin toimilohkot olivat niin tiiviisti sijoiteltu, ettei IO lohossa olevaa PV pinniä voinut klikata tilan muuttamiseksi. Tällöin joutui avaamaan lohkon asetussivun ja muuttamaan tilan sitä kautta, joka on todella paljon hitaampaa.

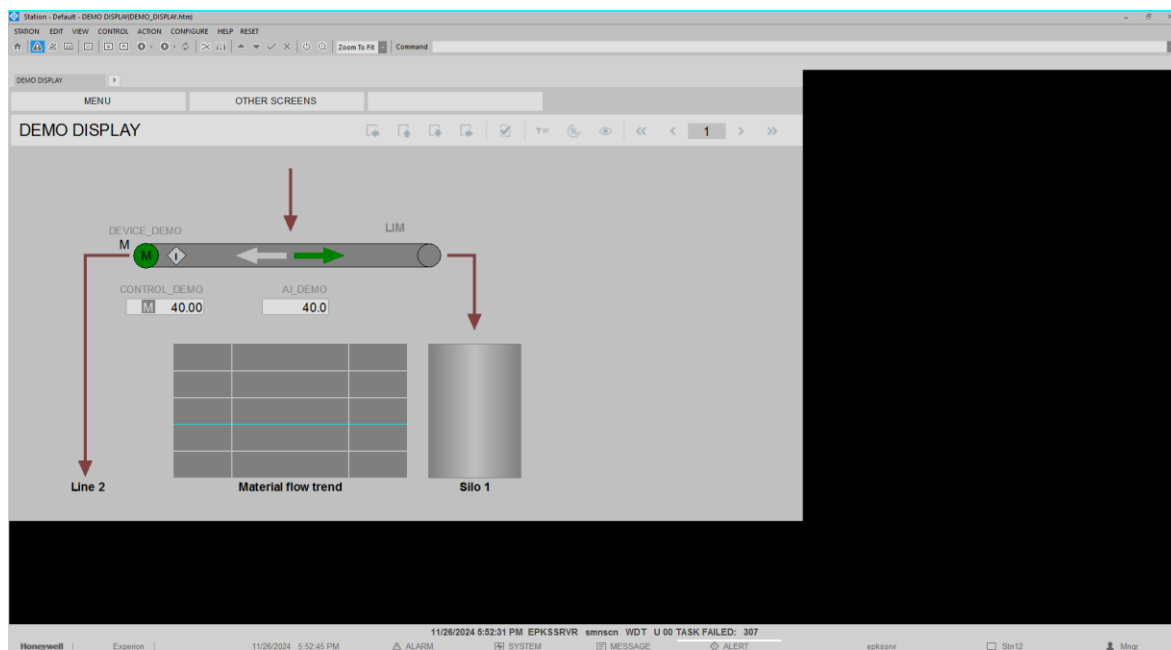


Kuva 12. IO referenssi palikoiden koon muuttuminen (Miettinen 2024)



Kuva 13. IO referenssi palikoiden koon muuttuminen käytännössä (Miettinen 2024)

Useiden henkilöiden käyttäessä samaa virtuaalijärjestelmän käyttäjää eri tietokoneilla, saattoi virtuaalijärjestelmän Windowsin automaattinen resoluution ja skaalauksen valinta sekoilla aiheuttaen väärin skaalattuja operointinäyttöjä (kuva 14). Ongelma korjattiin nopeasti, luomalla jokaiselle henkilökohtainen käyttäjä.



Kuva 14. Virtuaalijärjestelmän operointikuvan skaalaus ongelma (Miettinen 2024)

Control Builder sovelluksessa yhtä CM:ää voi muokata vain yksi käyttäjä kerrallaan. Tämä tehdään tietokannan osittaisella lukituksella. Jos joku jätti käyttäjälleen auki CM:n jota toinen tarvitsi ei siihen päässyt käsiksi. Ratkaisuna oli pyytää toista lopettamaan muokkaukset tai käydä hänen käyttäjällään tallentamassa ja sulkemassa CM. Koska tekijöitä oli ympäri maailmaa, aikaeron takia lukituksen luojalla saattoi olla yö eikä toisen käyttäjälle voinut olla menemättä. Tämä kuitenkin tarkoitti sitä, että aamulla töihin tullessa operointisovelluksen skaalaamisessa saattoi esiintyä ongelmia vaikka edellisenä päivänä kaikki oli kunnossa. Control Builder ei VEP ympäristössä ole kovin vakaa ja tuppaa kaatumaan - joskus useitakin kertoja päivässä - aiheuttaen haamulukkoja, joita täytyi purkaa tietokannan ylläpitosovelluksella.

HMI Builderissa ei valitettavasti vastaavaa lukitusta ole ja FAT testien aikana operointikuvien muokkaukset oli tehtävä useaan kertaan. Monella käyttäjällä voi olla oma versio samasta kuvasta muokattavana. Mitään tietoa, muokkaako joku jo kuvaa, jota meinaat muokata, ei ole. Näin viimeisimmän tallentajan versio tallentuu edellisen päälle, tuhoten toisen muokkaajan muutokset. Seuraavissa vaiheissa täytyy sopia miten kuvamuokkauksia tehdään ja millainen versionhallinta kuvista otetaan käyttöön.

Operointiasema-sovellus on tehtaan tai laitoksen operaattoreiden pääsääntöinen työkalu ja siksi virtuaalijärjestelmän testaaminen tehdään samalla sovelluksella. Näin operaattorit pääsivät tutustumaan ja testaamaan uutta järjestelmää jo ennen varsinaisia koulutuksia ja oikeaa järjestelmän vaihtohetkeä. Suurimpina etuina ajoissa operointinäkömään tutustumisessa on pidempi totuttelu-aika, jolloin jokainen saa kokeilla oman mielenkiinnon mukaan operointia. Operaattoreiden havaittiin opettavan löytämiään ominaisuuksia toisille, välillä suurellakin innokkuudella. Uuden järjestelmän käytön opetteluun jakautuessa monelle operaattorille ja työvuorolle, joissa jokainen tietää hieman eri asioita, nopeutuu tiedon kulkeutuminen ja auttaa muistamaan mistä laitteet ja ominaisuudet löytyvät. Kun järjestelmäkoulutusten aika tulee, osaavat koulutettavat kysyä enemmän

itseään hyödyttäviä kysymyksiä, sekä kommentoida operointinäyttöjen ulkoasua ja käytettävyyttä edes pienellä käyttökokemuksella.

## 6.8 IO testaus

IO testaukset tehtiin oikealla järjestelmällä, mutta IO määrittelyt ja kanavien nimeäminen tehtiin ennakkoon VEP:issä. Oikeaan järjestelmään asennettiin IO määrittelyn aikana erinäisiä ohjelmia ja päivityksiä, jotka vaativat laitteiden runsasta uudelleenkäynnistelyä, jolloin työskentely olisi ollut lähes mahdotonta jatkuvien keskeytysten takia. Virtuaalijärjestelmästä määrittelyt tuotiin oikeaan järjestelmään muutamaa päivää ennen IO testien alkamista, joiden aikana tarkistettiin määrittelyn oikeellisuutta ja korjailtiin yksittäisiä epäselviä tapauksia. Joidenkin lohkon nimiä oli nimetty uudelleen kuvaavammiksi, mallipiirin vastaisiksi ja näin automaattinen IO referenssien yhdistäminen ei aina onnistunut.

Testaukseen oli varattu kaksi viikkoa, mutta asiakkaan valmistelemaat testauskojeet oikeine liittimineen nopeuttivat testausta viikolla. Testikojeet mahdollistivat myös liityntään käytettävien välikaapeleiden testauksen ilman lisäviivettä. Testaus kannatti, sillä löysimme yhdestä UMS moduulista yhden vioittuneen kanavan, moduuli vaihdettiin uuteen ja vanha annettiin eteenpäin tutkittavaksi.

## 6.9 Asennusvaihe

Projektin ensimmäisessä vaiheessa asennettiin 14 järjestelmäkaappia, 8 kahdennettua CN100 hajautusyksikköä, yksi operointiasema sekä kaksi insinööriasemaa. Järjestelmässä on kolme kahdennettua C300 kontrolleria ja 110 kappaletta 32 kanavaisia UIO moduuleja jotka on kytketty UMS moduuleihin. Yhteensä IO pisteitä on 3520 kappaletta, joista aivan kaikki eivät ole käytössä. IO:n lisäksi tietopisteitä on Profinet, sarjaliikenne ja OPC UA väylissä, yhteenlaskettuna yli 5000 kappaletta. Kaikkea tätä ohjataan kahdella operointinäytöllä ja 25:llä operointikuvalla, jotka sisältävät useita popup tyyppisiä tietosivuja, joita ei kokonaisuksi kuviksi voi laskea.

## 6.10 Käyttöönotto ja SAT

Käyttöönotossa oli tarkoitus jakaa projektitiimi ryhmiin ja testata useampaa prosessialuetta yhtä aikaa. Kuitenkaan suunnitelma ei aivan realisoitunut, joten käyttöönotto oli ajoittain hyvin kiireistä ja jono asioiden hoitamiseen saattoi kasvaa jopa tunnin mittaiseksi. Onneksi asiakkaan projektiin varattu henkilöstö ymmärsi tilanteen ja kävi ruuhkaisina aikoina jonottamassa kahvihuoneessa.

Kaikki kentälaitteet testattiin ja vikaantuneet rajakytkimet, pyörintävahdit sekä turvakytkimet vaihdettiin uusiin. Käyttöönottovaiheen suurimmat muutostarpeet olivat kytkintietojen kääntämistä, joissain laitteissa oli huoltojen yhteydessä vaihdettu NO (Normal Open) kärkinen kytkin NC (Normal Closed) kärkiseen. Tilan kääntö oli tehty vanhaan logiikkaan mutta muu dokumentointi oli ajoittain unohtunut.

Käyttöönotossa huomattiin yhden järjestelmätiedoston olevan virtuaalijärjestelmään asennettua vanhempi versio, joka aiheutti operointikuvissa mittatietojen hälytysrajojen kanssa ongelmia. Tiedoston päivittämällä ongelma korjaantui.

Käyttöönnotossa pienten muutosten tekeminen oli paljon nopeampaa kuin VEP järjestelmässä, ja massamuokkaustyökaluja käyttäessä datapisteiden hakemisessa ei mennyt tunteja. Control Builder sovelluksesta löytyi yksi virhe, jota luultiin esiintyvän vain VEP:issä. Sekvenssiaskeleiden nimiä ja kuvauksia kirjoittaessa osa näppäinten painalluksista tulee kahteen kertaan, jolloin esimerkiksi teksti "Käynnistys" saattaisi näyttää "KKääyynnnnissttyyss". Tätä ongelmaa ei ollut missään muissa tekstikentissä.

Virtuaaliympäristöstä siirryttäessä oikeaan järjestelmään on hyvä muistaa, että ohjausten takana ei enää ole vain väriä vaihtavia viivoja, vaan oikeita laitteita, jotka voivat rikkoutua tai aiheuttaa vaaraa ympärillä oleville, mikäli jotain sensori simuloiteja tai lukitus ohituksia jää päälle.

#### 6.11 Järjestelmän luovutus

Kun järjestelmä on luovutettu asiakkaalle käyttöönoton jälkeen, otetaan oikeasta järjestelmästä kopio VEP:iin. Näin saadaan kaikki käyttöönottovaiheen viilaukset mukaan seuraavan vaiheen rakentamiseen. Vaihe kaksi tehdään kokonaan VEP:issä sillä oikea järjestelmä on asiakkaalla käytössä seuraavan vaiheen käyttöönottoon saakka.

#### 6.12 Toimintatapamuutokset projektin seuraavaan vaiheeseen

Vaihetta 2 varten tullaan tekemään pieniä viilauksia logiikka ja HMI kuvien suunnitteluun ja muokkauksiin. Logiikkaa suunnitteleville luodaan omat ympäristöt, jolloin he eivät lukitse toisten tarvitsemia komponentteja, mutta pystyvät silti tekemään nimikytköksiä muualle logiikkaan. HMI kuvista tullaan luomaan useammin varmuuskopioita ja omille kokeiluille tehdään omat kansiot. HMI Builder sovelluksen tunnetuista ongelmista pidetään pienimuotoinen info tai koulutustilaisuus ja sovellus esimuokataan jokaiselle käyttäjälle niin että ylikirjoitusriski minimoidaan. Logiikan mallipiireihin lisätään tilaa toimilohkojen väliin, joten tulevaisuudessa niitä kopioidessa ei pitäisi esiintyä päällekkäisyyksiä.

Mikäli verkkoyhteyksien hyvää toimintaa ei voida taata, harkitaan FAT testauksen järjestämistä Varkaudessa oikealla järjestelmällä. VEP ympäristöstä ei luovuta, sillä vaiheen 2 operointikuvat ja logiikat luodaan edelleen siellä. Asiakas käyttää VEP:iä edelleen edistymisen seurantaan.

IO määrittelyt tullaan tekemään vaiheessa 2 VEP:issä, josta ne mahdollisesti poistetaan - heti kun ne on siirretty oikeaan järjestelmään - testauksen helpottamiseksi. Kaikkien IO kanavien testimoodiin laittamiseen tullaan luomaan yksi yhteinen massamuokkaus tiedosto, joka säästää aikaa piirejä muokatessa ja testatessa.

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET, POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua teollisen automaation projektiin ja tarkkailla miten virtuaaliympäristö vaikuttaa projektiin vaiheittain. Lyhyesti sanottuna se on korvaamaton työväline, joka nopeuttaa projektia tai mahdollistaa toimintojen aikaisen testauksen ja useamman muokkauskierroksen samassa ajassa, kuin virtuaalijärjestelmätön projekti. Suurin hyöty projektissa virtuaalijärjestelmästä on aikataulun nopeutuminen järjestelmäkomponenttien toimitusajan verran. Toinen suuri hyöty oli FAT testauksessa, joka voitiin järjestää helposti ainoastaan VEP ympäristön takia. Koska testaukseen ei tarvittu oikeaa järjestelmää, pystyimme järjestämään sen asiakkaan luona helpottaen heidän henkilöstö resurssointia.

Virtuaaliympäristön käyttö vaatii projektin tekijöiltä hieman totuttelua ja työvaiheiden tarkempaa aikatauluttamista. Tulevaisuudessa VEP ympäristöä käytettäessä tulee työvaiheita jaksottaa siten, etteivät ne estä tai hidasta toisiaan. Tämän projektin kokemuksella tekisin ensin logiikka testauksen, jonka jälkeen IO määrittelyt ja sitten IO testauksen. Toinen vaihtoehto olisi saada jokin IO simulaattori jolloin voitaisiin ensin tehdä sovellus ja IO määrittely, ja testata kummatkin kerralla. Projektin monivaiheisuuden vuoksi uskon suurimman työmäärän lisäyksen tulevan virtuaalijärjestelmän ja asiakkaan järjestelmän versionhallinnasta. Jos asiakas tekee jonkin muutoksen järjestelmään, olisi se syytä muuttaa myös virtuaalijärjestelmään. Näin vältettäisiin suuria eroavaisuuksia seuraavan vaiheen käyttöönotossa, jolloin uudet logiikkapiirit tuodaan asiakkaan järjestelmään.

Projektissa sujuvaan sovelluksen rakentamiseen tarvitaan selvät vastuuhenkilöt ja lähtötiedot, jotta projektihenkilöstön huomio voidaan pitää toiminnallisuuksien testaamisessa ja kehittämisessä, eikä tiedon oikeellisuuden tarkastamisessa ja vastuuhenkilöiden etsimisessä. Testausvaiheessa selvät testauslistat ja toimintakuvaukset olisi syytä tulostaa paperille ja niihin merkata yliviivaustussilla, kun jokin toiminto on testattu, tai se tarvitsee uuden revision. Vaikka tietokoneelle saa hyödyllisiä testilistoja, jotka tallentuvat kaikkien nähtäväksi, on paperiversio mielestäni nopeampi ja huomattavasti selkeämpi tapa ylläpitää edistymistä, ainakin pienissä palasissa mitattuna. Paperilistaan voisi merkata jokaisen pienen osa-alueen testauksen ja kun kaikki osat on testattu merkattaisiin, vaikka tietokoneelle kokonaisuus testatuksi.

Vaikka logiikkasuunnittelussa ja FAT testauksessa opin paljon EPKS järjestelmästä ja työtavoista, oli käyttöönotto ehdottomasti projektin opettavin vaihe. Siinä korostui logiikan ja prosessin tuntemuksen tarve, selkeä kommunikointi radiopuhelimessa sekä omien töiden aikatauluttamisen tarve. Kiireisimpinä päivinä sain puhua yhtäaikaan puhelimeen, kahteen radiopuhelimeen sekä kahdelle henkilölle. Kun jokin laite ei toimi kaikesta testaamisesta huolimatta odotetusti, on ratkaisun löytyminen nopeasti tärkeää, varsinkin kun testiryhmä odottaa meluisalla ja pahanhajuisella alueella. Tällaiset tilanteet opettavat selkeän ja loogisen ajattelun tärkeyttä, ei hätäillä, vaan katsotaan faktat ja luotetaan siihen, että osaa lukea ja muokata logiikkaa tehokkaasti, luomatta uusia ongelmia. Projektista tulleen palautteen pohjalta uskalla sanoa että tällainen työnteko onnistui hyvin.

Jos opinnäytetyö olisi tehty vaiheesta kaksi, olisi työn sisällössä hyvin todennäköisesti vähemmän virtuaalijärjestelmän haasteita ja enemmän hyötyjä. Virtuaalijärjestelmän ainoaksi merkittäväksi haasteeksi jäisi internet yhteyden mahdollinen epävakauserä ja hitaus. Myös asiakkaalla käytössä

olevan ja VEP järjestelmän yhteensovittaminen uuden logiikan osalta voi osoittautua luultua hankalammaksi.

Opinnäytetyön kirjoittamisesta tuli ehdottomasti suurin haaste. Kirjoitusosuus käynnistyi todella hyvin ja noin 80% työn sisällöstä oli jo hahmoteltu. Esimerkkijärjestelmän operointikuvat ja rakenteet luotu ja edistyminen oli lähellä alkuperäinen aikataulun tavoitteita. Kun joululoma lähestyi ja todellisuus siitä, että valmistuminen menisi hieman seuraavalle vuodelle hahmottui, alkoi opinnäytetyössä taantumakausi. Lomien jälkeen halusin osallistua töiden puolella seuraavaan projektiin ja vaikka Jussi Malkki ja Jari Hämäläinen kovasti kyselivät, että ”mites se opparin teko reissussa muka onnistuu”, pääsin mukaan projektiin. Ja eihän se onnistunut. Tämän jälkeen Yle julkaisi uutisen siitä, kuinka eräs opiskelija menetti opintolainahyvityksen opintojen aloituksen viivästämisestä varusmiespalveluksen takia (Yle 2025). Huomasin saman tilanteen olevan itselläni edessä, tämä ei luontaisesti innostanut jatkamaan opinnäytetyön tekoa.

### 7.1 Viekö automaatio työpaikkoja

On selvää että tehtaiden hyödyntäessä enemmän automatiikkaa, tarvitaan vähemmän henkilöstöä ohjaamaan prosesseja, joka vähentää tehtaan työllistävyyttä merkittävästi. Uuden automaatiojärjestelmän vaihtaminen vanhan tilalle ei kuitenkaan vastaa samanlaista uudistusta kuin käsiventtiileistä automaattiventtileihin vaihto. Nykyisinkin laitoksen operaattorit ohjaavat prosessia siististä valvomosta ja vain vika, tarkastus tai huoltotoimien takia lähtevät kenttäkierrokselle.

Mikäli laitteet käynnistetään ja/tai sammutetaan tietyssä järjestyksessä, voi automatiikka hoitaa sen ja hälyttää vain, jos jotakin poikkeavaa on tapahtunut. Näin operaattorin ei tarvitse klikkailla jokaista laitetta päälle erikseen, tai kansiventtiilien aikaan juosta kentällä kääntelemässä venttiileitä auki ja kiinni. Operointivirheiden määrä vähenee huomattavasti ja operaattorit voivat käyttää enemmän aikaa prosessin valvomiseen ja tilan tarkkailuun.

Operaattorien mielestä sekvenssit, ryhmäkäynnistykset, operointikuvien selkeys ja hälytysten ymmärrettävyys tekee hommasta mielekästä, kun toistuvat hommat automatisoidaan, pystyy keskittymään olennaiseen ja vikatilanteissa huomio ei ole perustoiminnoissa, vaan vian selvittämisessä ja tilanteen normalisoinnissa. Käännettävät valvontakamerat ovat hyvä esimerkki siitä, kuinka teknologia tekee työnteosta mielekkäämpää. Valvomosta ei tarvitse lähteä mahdollisesti haisevalle ja kovaääniselle prosessialueelle tarkastamaan jotain epäilyä, vaan kameraa kääntämällä ja zoomailemalla saa saman tiedon, jopa hieman nopeammin. Kaikki tämä kahvin tuoksuissa ja hyväntuulisissa valvomossa.

Väitän että teollinen automaatio vie muutaman toistuvista tehtävistä koostuvan työpaikan, tuoden uuden tehtävän, joko huollon tai järjestelmän optimoinnin puolelle. Automaation tavoitteena on parantaa maailmaa, nostamalla laitosten hyötysuhteita, vähentämällä turhaa energian kulutusta ja hukkamateriaaleja. Hyvin suunniteltu automaatio vähentää operointivirheitä ja vaaratilanteita merkittävästi, luoden turvallista ja mielekästä työympäristöä teollisuudessa työskenteleville.

## LÄHTEET

- Honeywell Oy 2017. Verkkojulkaisu. UIO Esite. [https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/pmt/hps/products/pas/experion-pks/i-o-modules/universal-io-module/UIO-2\\_2022.pdf](https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/pmt/hps/products/pas/experion-pks/i-o-modules/universal-io-module/UIO-2_2022.pdf)
- Honeywell Oy (1) 2020. Experion® PKS IO HIVE. <https://process.honeywell.com/content/dam/process/en/documents/document-lists/experionpks/pmt-hps-pin-experionpks-io-hive.pdf>
- Honeywell Oy (2) 2020. Universal Marshalling solutions. <https://prod-edam.honeywell.com/content/dam/honeywell-edam/pmt/hps/products/pas/experion-pks/i-o-modules/universal-marshalling-solution/files/Universal-Marshalling-Solution-Installation-and-Users-Guide-for-SCA.pdf>
- Honeywell Oy 2021. What Is VEP?. Virtual Engineering Platform kotisivu. <https://acswiki.honeywell.com/pages/viewpage.action?pageId=83527016>
- Honeywell Oy (1) n.d. HCCA-OT1001 CEP EPKS L1 (verkkokurssi). Honeywellin koulutusympäristö
- Honeywell Oy (2) n.d. EXP1015 R511 L04 Introduction to Process Control Network (verkkokurssi). Honeywellin koulutusympäristö
- Honeywell Oy (3) n.d. EXP1015 R511 L03 Basics of Networking Part 3 (verkkokurssi). Honeywellin koulutusympäristö
- Joyoung 2021. Honeywell Experion Process System. <https://www.rms-dcs.com/news/honeywell-experion-process-system/>
- Miettinen, Mikko-Oskari 2024. Kuvakaappaus Honeywell EPKS järjestelmästä.
- Siemens n.d. Digital twin. Verkkojulkaisu. <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/digital-twin/>
- Yle 2025. Päivi Seeskorpi. AMK-opiskelija menetti armeijan takia lähes 5 000 euron opintolainahyvityksen – Kela haluaisi korjata epäkohdan. Verkkojulkaisu. <https://yle.fi/a/74-20144676>