

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutus  
Kone- ja tuotesuunnittelu

Marko Ridal

## **Digitaalisen kaksosen hyödyt teknologiateollisuudessa**

Opinnäytetyö 2019

## Tiivistelmä

Marko Ridal

Digitaalisen kaksosen hyödyt teknologiateollisuudessa, 27 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Kone- ja tuotantotekniikan koulutus

Kone- ja tuotesuunnittelu

Opinnäytetyö 2019

Ohjaajat: lehtori Simo Sinkko, Saimaan ammattikorkeakoulu, Aluepäällikkö Iiro Aalto, Etteplan Oy

Digitaalinen kaksonen on virtuaalinen kopio fyysisestä mallista. Sen käyttö on kasvanut kansainvälisesti ja tulee kasvamaan pikkuhiljaa myös Suomessa. Digitaalinen kaksonen on käsitteenä varsin uusi ja sen määrittely vaihtelee sen ollessa niin laaja käsite.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa digitaalisen kaksosen käyttöä etenkin tuotannossa. Opinnäytetyössä digitaalista kaksosta ja sen käyttöä tarkastellaan kansainvälisesti toimivan Suomalaisen yrityksen Etteplanin kautta. Opinnäytetyötä varten toteutettiin Etteplanissa kaksi haastattelua sekä case-projekti, joiden avulla pyrittiin saamaan kattava kuvaus digitaalisen kaksosen käytöstä Etteplanissa.

Digitaalinen kaksonen nähdään Etteplanissa merkittävänä apuvälineenä ja keinona kehittää tuotantoa, ja sitä hyödynnetään useissa eri projekteissa. Digitaalisen kaksosen hyödyt nousivat erityisesti esiin tuotantolinjan suunnittelussa. Digitaalisen kaksosen avulla tuotantolinja pystyttiin suunnittelemaan nopeammin ja sen käyttöönotto oli nopeampaa. Tässä opinnäytetyössä esitellään myös Etteplanissa käytössä oleva Visual Components -ohjelmisto ja saatavilla olevat Siemensin ohjelmistot.

Asiasanat: digitaalinen kaksonen, Etteplan, virtuaalinen käyttöönotto, Visual Components, Siemens

## **Abstract**

Marko Ridal

The benefits of a digital twin in the technology industry, 27 Pages

Saimaa University of Applied Sciences

Faculty of Technology, Lappeenranta

Bachelor's Degree Programme in Mechanical Engineering  
Design

Bachelor's Thesis 2019

Instructors: Mr Simo Sinkko, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences. Mr Iiro Aalto, BU Director, Etteplan Oy

Digital twin refers to a digital copy of a physical thing. Its use has grown internationally and will slowly grow in Finland. Digital twin as a concept is quite new and its definition varies as it is so broad concept.

The purpose of this thesis was to map out the use of digital twin especially in production environment. In this thesis digital twin and its use is viewed through a internationally operating company Etteplan. For this thesis two interviews were conducted in Etteplan and a case study aimed at getting a comprehensive description of the use of a digital twin in Etteplan.

Digital twin in Etteplan is seen as a major tool and a way to develop production and is utilized in many different projects. The benefits of digital twin were especially seen in the designing of a production line. With the help of a digital twin production line could be designed faster and its deployment was faster. This thesis also introduces Visual Components software used by Etteplan and available Siemens software for digital twin.

Keywords: digital twin, Etteplan, virtual commissioning, Visual Components, Siemens

## Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet.....	5
1 Johdanto.....	6
2 Digitaalinen kaksonen.....	7
2.1 Digitaalinen kaksonen käsitteenä .....	7
2.1.1 Suunnittelussa.....	9
2.1.2 Tuotannossa .....	10
2.1.3 Laitteessa.....	10
2.1.4 IoT:ssa .....	11
3 Ohjelmistot.....	12
3.1 Siemens.....	12
3.1.1 MindSphere .....	15
3.2 Visual Components.....	16
4 Etteplan ja digitaalinen kaksonen .....	18
4.1 Etteplan yrityksenä ja toteutettu teemahaastattelu Etteplanilla .....	18
4.2 Tuotannon digitaalinen kaksonen Etteplanilla ja Etteplanin asiakkaille	19
4.3 Hyödyt ja haasteet .....	20
5 Case-projekti.....	21
5.1 Tavoitteet ja toteutus.....	21
5.2 Lopputulos .....	23
6 Yhteenveto.....	24
Lähteet.....	26

## Lyhenteet ja käsitteet

PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikka.
CAD	Computer Assisted Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
PLM	Product Lifecycle Management. Tuotteen elinkaaren hallinta.
IoT	Internet of Things. Esineiden internet.
IIoT	Industrial Internet of Things. Teollinen esineiden internet.
Big data	Yhteysnimitys suurille datamassoille.
MPM	Manufacturing Process Management. Valmistusprosessin hallinta.
MOM	Manufacturing Operations Management. Valmistusoperaatioiden hallinta.
AR	Augmented Reality. Lisätty todellisuus
VR	Virtual Reality. Virtuaalitodellisuus.

# 1 Johdanto

Digitaalinen kaksonen on asiana ajankohtainen. Sen käyttö teknologiateollisuudessa on viimeaikoina lisääntynyt kansainvälisesti ja sen käyttö Suomessa on lisääntymässä pikkuhiljaa. Digitaalisella kaksosella tarkoitetaan virtuaalista mallia, joka on mallinnettu ja simuloitu mahdollisimman lähelle mahdollista oikeaa fyysistä mallia. Yksi näistä digitaalisista kaksosta tarjoavista yrityksistä on Etteplan.

Etteplanin vuoden 2018 vuosikatsauksen mukaan Etteplan toimii seitsemässä eri maassa kolmella mantereella. Etteplan on suunnittelualan markkinajohtaja Suomessa, ja alan johtavia toimijoita Ruotsissa. Etteplan on asiantuntijayritys, joka on erikoistunut teollisuuden laite- ja laitossuunnittelun, sekä ohjelmisto- ja sulautettujen järjestelmien ratkaisuihin. Yhtiö on perustettu vuonna 1983 Suomessa ja yhtiön osakkeet on listattu Nasdaq Helsinki Oy:ssä vuodesta 2000. Henkilöstöä Etteplanilla on 2018 vuosikatsauksen mukaan 3055 henkilöä, joista 1982 työskentelee Suomessa. Liikevaihto oli vuonna 2018 236 miljoonaa euroa, josta liikevoittoa 20,2 miljoonaa euroa. Yhtiö odottaa tulevaisuudessa merkittävää kasvua lisäävän valmistuksen ja digitaalisen kaksosen alueilla. (Vuosikatsaus 2018.)

Työn tavoitteena on tuottaa laajempi käsitys tuotannon digitaalisesta kaksosesta ja mitä sillä voidaan tehdä, mitä sillä kannattaa tehdä ja millä työkaluilla sitä tehdään. Opinnäytetyöstä rajattiin pois Teollisuus 4.0, joka pohjautuu pitkälti digitaalisen kaksosen mahdollistamiin työkaluihin. Opinnäytetyötä varten tutustuttiin aiheesta saatavilla olevaan lähdemateriaaliin ja haastateltiin digitaalisen kaksosen parissa työskenteleviä henkilöitä ja yrityksiä.

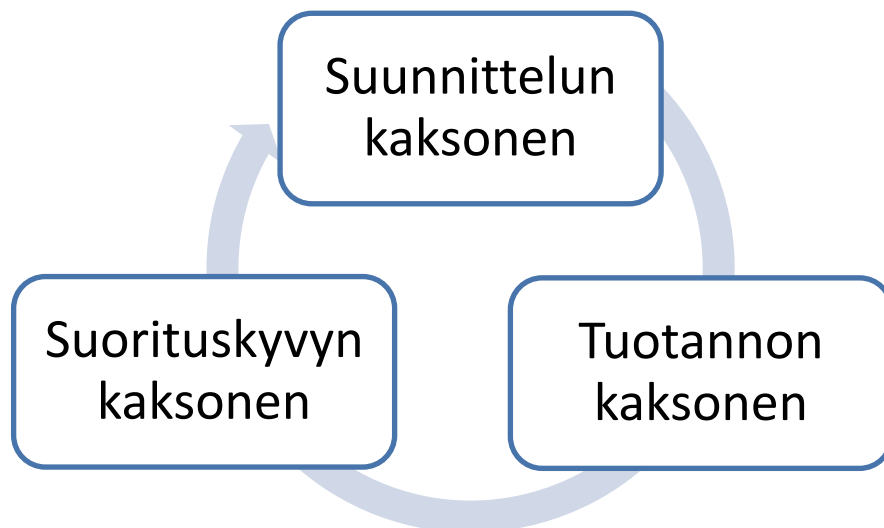
## **2 Digitaalinen kaksonen**

### **2.1 Digitaalinen kaksonen käsitteenä**

NASA:n vuoden 2010 etenemissuunnitelmassa käytettiin ensimmäisen kerran termiä “digitaalinen kaksonen”. NASA:n etenemissuunnitelmassa digitaalista kaksosta kuvattiin monifyysisenä simulaationa laitteesta, joka käyttää parhaita olemassa olevia fyysisiä malleja sensoritiedon lisäksi tehdäkseen peilikuvan oikeasta fyysisestä laitteesta. Multifyysisellä simulaatiolla tarkoitetaan simulaatiota mikä sisältää useita vuorovaikutteisia fysikaalisia ominaisuuksia esimerkiksi lämpötilaa, painovoimaa ja kosteutta. Digitaalinen kaksonen voi olla osa tuotetta tai se voi muodostaa oman liiketoimintamallinsa itsenäisesti. Omalla liiketoimintamallilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi sitä, että valmiiseen jo olemassa olevaan laitteeseen myydään digitaalisen kaksosen tekeminen. (Rosen, von Wichert, Lo & Bettenhausen 2015, 568; Boschert, Heinrich & Rosen 2018, 211.)

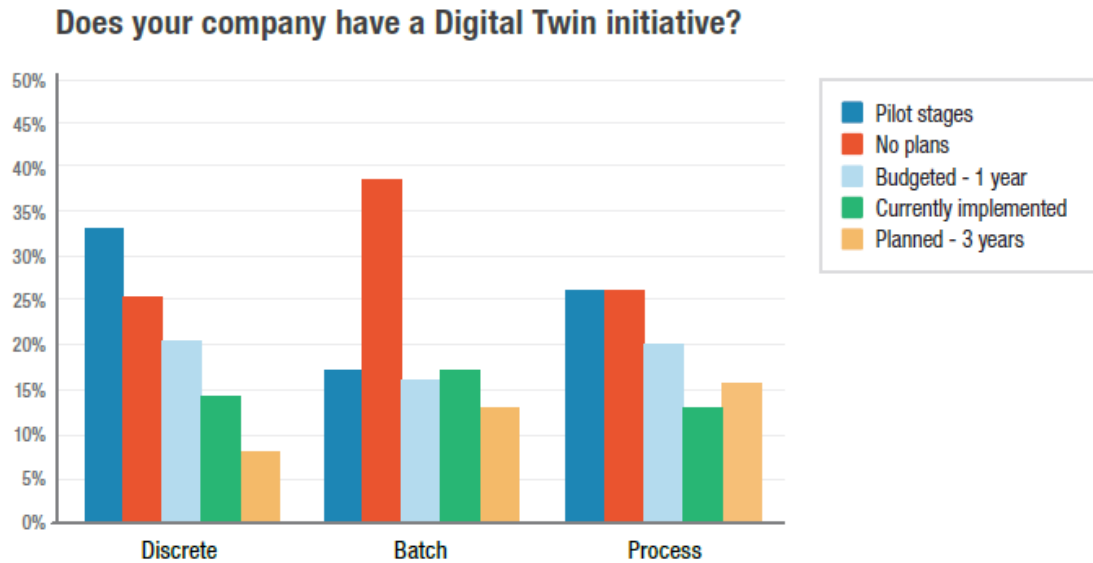
Suurin osa nykyisin käytettävistä digitaalisista malleista perustuu todellisten tietojen keräämiseen ja niiden hyödyntämiseen virtuaalijärjestelmässä. Virtuaalijärjestelmässä käyttäytymistä mallinnetaan tai simuloidaan vastaamaan todellisen järjestelmän odotettua käyttäytymistä. Tällaista luotua mallinnusta tai simulaatiota voidaan kutsua digitaalseksi kaksoseksi. (Littlefield 2018, 23.)

Digitaalisessa kaksoosessa on hyvin kohdennetut, kuvailevat ja suoritettavat mallit, ja ne jaetaan usein suunnittelun kaksoseen, tuotannon kaksoseen ja suorituskyvyn kaksoseen. Mikään yksittäinen digitaalinen kaksonen ei sovellu kaikkiin tehtäviin. Suunnittelun digitaalinen kaksonen sisältää kaikki tuotteen suunnittelurakenteet, tuotannon digitaalinen kaksonen kattaa valmistusprosessin sekä tuotantojärjestelmän mallit ja suorituskyvyn digitaalinen kaksonen saa tietoa käyttötiedoista ja analysoi todellista suorituskkyä. Näiden avulla voidaan luoda suljettu digitaalisen kaksojen silmukka, jossa tuotteen elinkaaren jokaisessa vaiheessa luodut tiedot ovat saumattomasti saatavilla seuraavassa vaiheessa (kuvio 1). (Boschert, Heinrich & Rosen 2018, 211; Littlefield 2018, 23; Rosen, von Wichert, Lo & Bettenhausen 2015, 567.)



Kuvio 1. Suljettu Digitaalisen kaksojen silmukka.

Digitaalinen kaksonen on uusi ja erittäin laaja käsite. Sitä käyttävät ratkaisut ja ohjelmat ovat pitkälti vasta kehitysvaiheessa. Tämä luo yrityksille haasteita, mutta myös suuria mahdollisuuksia. Tutkimusyhtiö LNS Research kysyi yli 300:lta valmistajayrityksen johtotehtävissä toimivilta henkilöiltä digitaalisesta kaksosesta, ja useimmissa yrityksissä digitaalinen kaksonen oli joko pilottivaiheessa, tai jo budjetoitu ja suunnitteilla (kuva 1).



Kuva 1. LNS Researchin kyselytutkimuksen tuloksia. Littlefield 2018.

### 2.1.1 Suunnittelussa

Nykyään mallinnus ja simulointi ovat vakioprosesseja suunnittelutehtävissä. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi järjestelmän ominaisuuksien vahvistamisessa. Nykypäivän simulointitekniikka tarjoaa mahdollisuuden pohjata simulointia tietoon ja fysiikan lakeihin. Simuloinnin tarkkuus voi vaihdella järjestelmän eri osien välillä. Simulaatiomallit ovat käyttötarkoituksen mukaan määriteltäviä ja sopivan tarkkoja ongelmien ratkaisemiseen ja ratkaisujen löytämiseen. (Boschert, Heinrich & Rosen 2018, 2.)

Digitaalisen kaksosen avulla suunnittelijat voivat simuloida lukemattomia erilaisia mahdollisuuksia ja määritellä parhaimmat suunnitteluratkaisut. Mallinnuksessa ja simuloinnissa on pitkään pyritty digitaaliseen kaksoseen, koska sen avulla pystytään virtuaalisesti testaamaan monia asioita, joita on ennen testattu fyysisen prototyypin avulla. Tämän avulla suunnittelu on nopeampaa, kun monet fyysisessä prototyypissä esille tulevat ongelmat on ratkaistu jo ennen ensimmäistä fyysistä prototyyppiä. Digitaalinen kaksonen mahdollistaa sen, että suunnittelun ja simuloinnin aikana saatava tieto on myös käytettävissä ja arvioitavissa laitteen tai järjestelmän käytön aikana. Tämä on nykyään usein jätetty huomiotta, koska suunnittelu ja laitteen toiminta ovat pääosin irtikytettyjä elinkaarivaiheita datan käytössä. (Boschert, Heinrich, Rosen 2018, 2; Littlefield 2018, 23.)

### **2.1.2 Tuotannossa**

Digitaalinen kaksonen on keskeinen tekijä valmistuksen kaltaisilla toimialoilla. Se mahdollistaa suorituskkyisimmän tuotantolinjan ja tuotteen muuttuessa tarvittavien muutoksien määrittämisen ja testaamisen ennen tuotantolinjan rakentamista. Tuotantolinjan testaamista virtuaalisesti ennen käyttöönottoa kutsutaan virtuaaliseksi käyttöönotoksi. Tuotannon digitaaliseen kaksoseen määritellään tarvittavat tuotantolinjan työkalut, työasemat, järjestelmän osat ja jopa ihmiset. Valmistettava tuotekin on yleensä saatavilla CAD- tai PLM-järjestelmästä. Lisäämällä näitä elementtejä digitaaliseen kaksoseen, voidaan käydä läpi erilaisia toimintamalleja ja skenaarioita. Esimerkiksi näiden elementtien avulla voidaan selvittää, parantaisiko esimerkiksi robotin lisääminen tuotteen valmistamista. Tuotannon digitaalisen kaksosen tarkoitus ei ole kuitenkaan korvata ihmisiä, vaan vapauttaa heidät merkityksellisempiin tehtäviin, parantaa työhyvinvointia ja lisätä työntekijöiden tuottamaa arvoa esimerkiksi asiakassuhteiden parantamisessa. (Littlefield 2018, 19-23.)

### **2.1.3 Laitteessa**

Laitteen digitaalinen kaksonen mahdollistaa tietoon ja fysiikkaan perustuvien lähestymistapojen integroinnin simuloinnissa ja todellisen ja virtuaalisen maailman yhdistämisen tuotteen kaikissa elinkaarivaiheissa. Tuotteeseen rakennetuista antureista saadaan tietoa tuotteen käytöstä ja käyttäytymisestä. Tätä kerättyä tietoa voidaan käyttää paremman tuotteen suunnittelussa ja uusien tuoteperheiden kehittämisessä. Digitaalinen kaksonen voi reaaliajassa kerätyn tiedon avulla olla myös osa tuotetta parantaen sen toiminnallisuutta. (Boschert, Heinrich & Rosen 2018, 2, 6.)

Digitaalisen kaksosen määrittely suunnittelun alussa auttaa varmistamaan, että simulointimallit luodaan suunnitteluvaiheissa, joissa se vie vähiten aikaa, eli tuotteen ja komponenttien kehittämisen aikana. Digitaalisia kaksosia voi luoda myös myöhemmin, mutta usein suuremmilla kustannuksilla, koska osa implisiittisestä tiedosta voi olla menetetty. (Boschert, Heinrich, Rosen 2018, s.6-7)

#### **2.1.4 IoT:ssa**

Esineiden internetin (IoT) sisällyttäminen digitaaliseen kaksoseen laajentaa aikaisemmin kuvattua silmukkaa (kaavio 1) suurempiin suljettuihin innovaatioketjuihin. Digitaalinen kaksonen on suuresti hyötynyt teollisten esineiden internetin tulosta (IIoT) ja se luottaa useisiin johtaviin teknologioihin, joita IIoT mahdollistaa: Big Data –analytiikkaan, liiketoimintaprosessien johtamiseen, sovelluskehitykseen, ja näiden lisäksi vielä kehittyviin teknologioihin valmistuksen maailmassa mukaan lukien (Littlefield 2018, 4; Boschert, Heinrich & Rosen 2018, 3.):

- älykäs automaatio ja IIoT-yhdistetty ohjaus
- tuotteen elinkaaren hallinta (PLM product lifecycle management)
- kolmiulotteinen tietokoneavustettu suunnittelu (CAD)
- digitaalinen simulointi
- valmistusprosessin hallinta (MPM manufacturing process management)
- valmistusoperaatioiden hallinta (MOM manufacturing operations management)
- virtuaalitodellisuus ja virtuaalivahvistettu todellisuus (VR/AR).








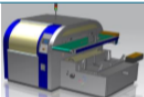
### 3 Ohjelmistot

#### 3.1 Siemens

Siemensillä on erittäin suuret määrät erilaisia ohjelmistoja digitaaliseen kaksoseen, ja ne valitaan ratkaistavan ongelman ja ongelman laajuuden mukaan (Met-sälä 2019). Siemens puhuu eri simulaatioiden tasoista, joissa erilaisilla laitteilla on omat virtuaaliset mallinsa (kuva 1). Järjestelmätasolla Siemensillä on tarjolla erilaisia ohjelmistoja riippuen simuloitavasta asiasta (kuva 2).

##### Eri tasojen simulointi




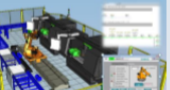

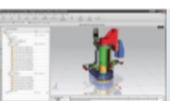


**SIEMENS**  
Ingenuity for life

Laitte		Virtuaalimalli	
HMI		Virtuaalinen HMI	
Ohjain		Virtuaalinen Ohjain	
Sensorit & Toimilaitteet		Virtuaaliset Sensorit & Toimilaitteet	
Laitte Solu Tehdas		Virtuaalinen Laitte Solu Tehdas	

Kuva 2. Eri tasojen simulointi. Siemens AG 2018a.

##### Järjestelmätaso

**SIEMENS**  
Ingenuity for life

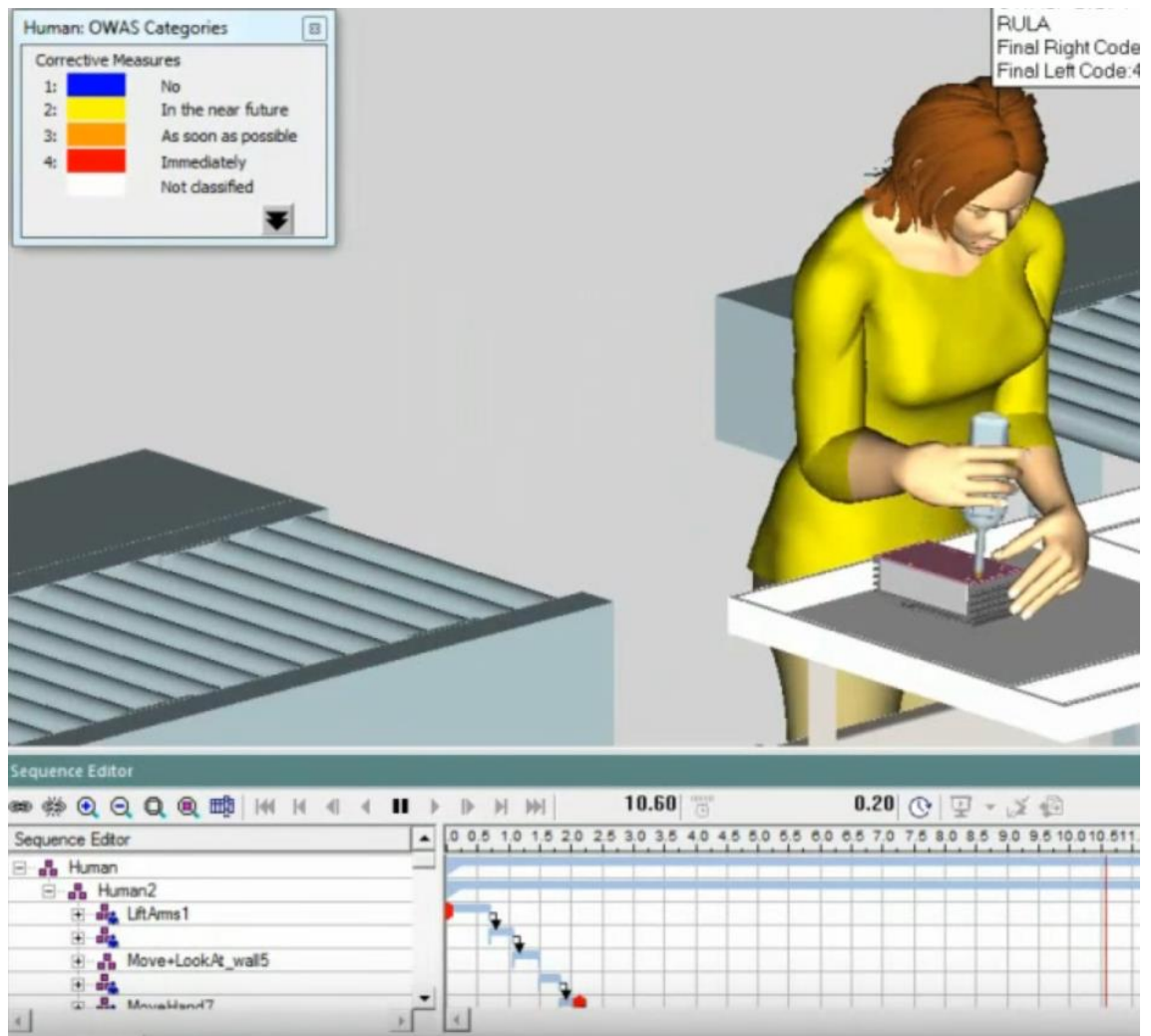
<div>Tehta</div> <div>Solut</div> <div>Laitteet</div> <div>Komponentit</div>		Plant Simulation	
		Process Simulate	
		Mechatronic Concept Designer	
		Amesim	

Kuva 3. Siemensin työkalut eri järjestelmätasojen simulointiin. Siemens AG 2018a.

Plant simulationilla mallinnetaan ja simuloidaan tuotantojärjestelmiä ja niiden prosesseja. Plant simulation on tarkoitettu etenkin tehdastason simulointiin ja, jos halutaan esimerkiksi lähteä tarkastelemaan missä on tuotannon pullonkaulat. Tarkasteltavassa tehtaassa voi olla pullonkaulana esimerkiksi joku tietty laite ja siitä halutaan saada enemmän irti ja Plant Simulationin avulla voidaan simuloida, voisiko ongelman ratkaista investoimalla toiseen samanlaiseen laitteeseen tai isompaan laitteeseen, ja tämän jälkeen vielä tarkastella miten se tulisi vaikuttamaan tuotantoon. Plant simulationia voidaan käyttää myös materiaalivirtojen optimoimiseen, resurssien hyödyntämiseen ja logistiikkaan. (Metsälä 2019; Siemens 2019.)

Tehtaan soluja simuloidaan Process simulationin avulla ja se soveltuu tuotantojärjestelmien virtuaaliseen käyttöönottoon, suunnitteluun ja simulointiin (Siemens 2019). Process simulationissa saadaan myös simuloitua operaattori, joka voi olla esimerkiksi tehtaan kokoonpanolinjan työntekijä (Metsälä 2019). Voidaan tarkastella operaattorin ergonomiaa ja loukkaantumisriskiä erilaisissa työvaiheissa (Kuva 3), ja Process simulate voi myös luoda simuloinnin pohjalta raportin (Siemens PLM 2015). Tämä aloitetaan määrittelemällä esimerkiksi nostettavien kappaleiden painot ja sijainnit 3d-mallissa, joihin simuloitu operaattori tarttuu kiinni. Operaattorin simulaation saa myös erillisenä lisäoptiona, jolloin ei ole pakko ottaa Process simulationin lisenssiä kokonaisuudessaan. (Metsälä 2019)

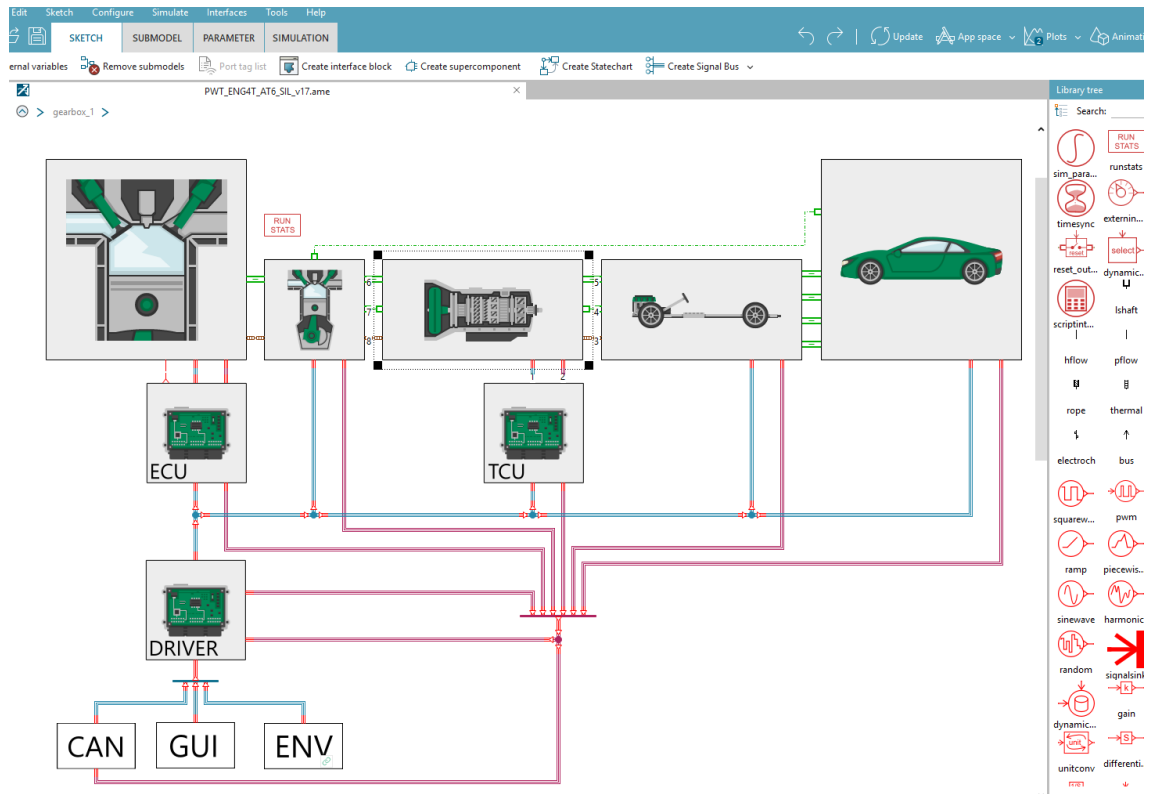
Mechatronic Concept Designer on tarkoitettu laitetason simulointiin ja se toimii Siemensin NX 3d-mallinnustyökalun päällä, mutta se toimii myös erillisenä ohjelmalla ilman NX:ää. MCD:ssä tyypillisesti otetaan staattinen 3d-malli laitteesta ja määritellään fyysisen maailman ominaisuudet kuten kinematiikat, painovoima ja kitkat. Malliin saadaan kytkettyä PLC-koodin oikeat I/O muuttuja, anturit ja muut sensorit ja näiden avulla pystytään tekemään virtuaalista käyttöönottoa. (Metsälä 2019.)



Kuva 4. Operaattorin liikkeiden ja ergonomian simulointi Siemens Process Simulationilla. Siemens PLM 2015.

Laitteet monimutkaistuvat jatkuvasti ja niiden kokonaisuutta saattaa olla vaikea ymmärtää, kun ne voivat sisältää mekaniikkaa, hydraulikkaa, pneumatiikkaa, automaatio-ohjausta, sähköjärjestelmiä ja elektroniikkaa. Siemens Amesim auttaa ymmärtämään tätä kokonaisuutta mahdollistamalla useamman fysiikkamallin yhdistämisen. Amesimillä saadaan yhdistettyä esimerkiksi automaatio-ohjaus, sekä nähdään, mitä mekaanista laitteessa tapahtuu ja kuinka hydraulikkajärjestelmä

toimii. Amesimissä on kattava yli kuuden tuhannen osan kokoelma 45 eri komponenttikirjastossa. Hyvänä esimerkkinä tästä on auton alustan simulointi (Kuva 4). (Metsälä 2019)



Kuva 5. Auton komponenttien simulointia Siemens Amesimillä. OlgaK 2018.

### 3.1.1 MindSphere

Siemensin MindSphere on pilvipohjainen ja avoin esineiden internetin (IoT) käyttöjärjestelmä, jonka avulla pystytään yhdistämään teollisuuden koneita ja infrastruktuuria ja niiden tuottamaa dataa internetiin. Avoimella käyttöjärjestelmällä tarkoitetaan sitä, että muut voivat kehittää omia sovelluksia MindSphereen. MindSphere myös mahdollistaa kerätystä datasta tehtävän data-analytiikan ja visualisaation tekemisen. (Siemens AG 2018b.)

Yhteyden MindSphereen fyysisestä laitteesta voi tehdä käyttämällä pientä MindConnect laitetta. MindConnect laite on helppo yhdistää esimerkiksi tuotantolinjaan, eikä se vaadi tuotantolinjan pysäyttämistä. Tuotantolinjan voi myös yhdistää MindSphereen Siemensin S7-1500 PLC:n TIA Portal STEP7 ohjelman kirjastoja

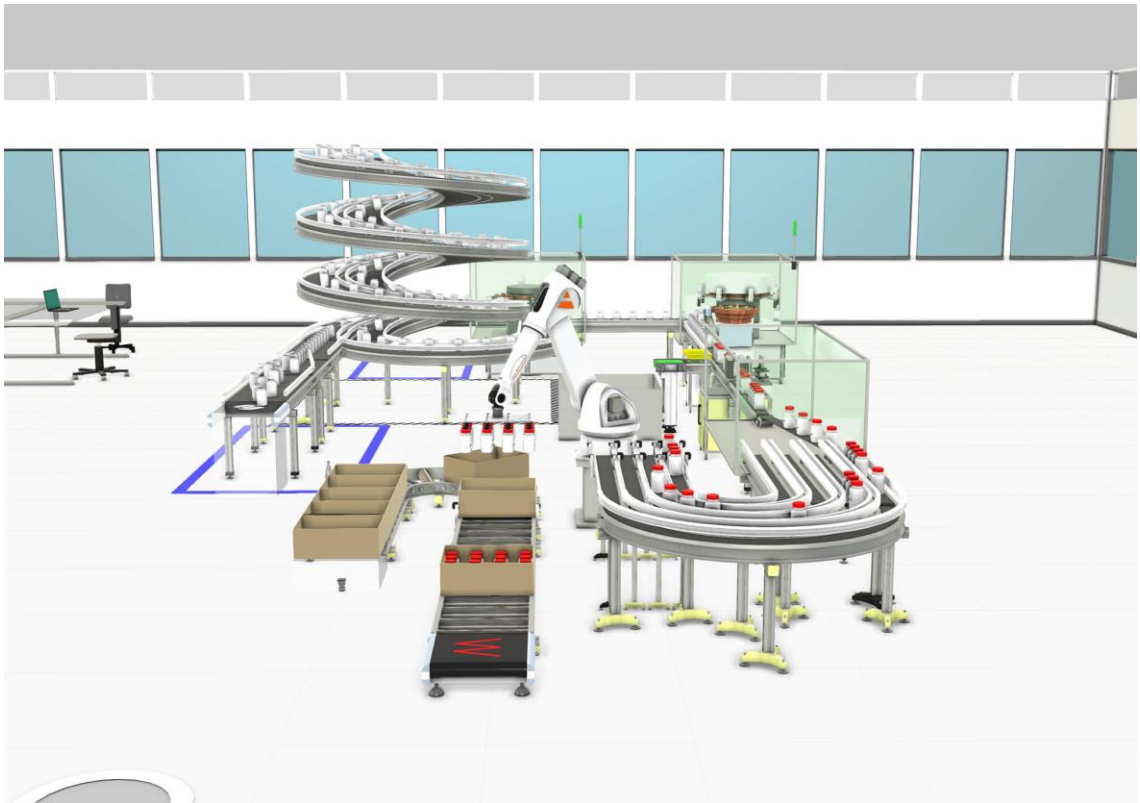
käyttäen. (Siemens AG 2018b.) Käytännössä MindSpheren mahdollisuudet ovat rajattomat, koska sen päälle voi tehdä omia ohjelmia.

### **3.2 Visual Components**

Visual Components on suomalainen ohjelmisto, jota käytetään layout-suunnitteluun, visualisaatioon, animaatioiden tekoon, robottien etäohjelmointiin ja simulaatioon. Visual Componentsilla voidaan simuloida esimerkiksi tuotantolinjaa, tehtaita ja robottisoluja. Visual Components tekee yhteistyötä lukuisten robottivalmistajien kanssa ja heidän ohjelmistonsa kirjastossa on yli 40 robottimerkkiä. (Salminen 2019.)

Robotin etäohjelmoinnissa ideana on, että robotin ohjelma saadaan tehtyä virtuaalisesti ennen kuin tuotanto aloittaa toimintansa. Tämä säästää aikaa käyttöönotossa. "Voidaan tapauskohtaisesti käyttöönotosta noin 80 % siirtää suunnitteluvaiheeseen. Ei tarvitse muuta kuin lyödä johdot sisään ja testata että kaikki hardware toimii ja fysiikka pelaa ninkuin simulaatiomallissa", kertoo Visual Componentsin myyntipäällikkö Salminen.

Ponssen metsäkoneiden robottihitsausta voidaan käyttää hyvänä esimerkkinä etäohjelmoinnista. Salmisen mukaan robotin opettaminen hitsaamaan käsin runkoa kestää viikkokausia ja robotin oleminen poissa tuotannosta maksaa. Etäohjelmoinnissa robotti ohjelmoidaan virtuaalisesti ja samaan aikaan oikea robotti tekee työtään. Virtuaalisesti etäohjelmoidun robotin ohjelma voidaan lähettää robotille ennen kuin se aloittaa uuden työn, ja Salmisen (2019) mukaan näin robotti ei ole alhaalla yhtään ja saadaan suurempi käyttöaste. "Käsiopelilla kahden viikon opetus ja etäohjelmoinnilla parin parin päivän opetus, josta puoli päivää robotilla. Pystytään paremmin vastaamaan toimitusaikoihin ja tarkkuus on parempi, kun pystytään 3d:ssä eikä silmä-määräisesti opettamaan", kertoo Salminen etäohjelmoinnista. Visual Componentsin komponenttikirjastosta löytyy tällä hetkellä 1543 robottia. (Salminen 2019.)

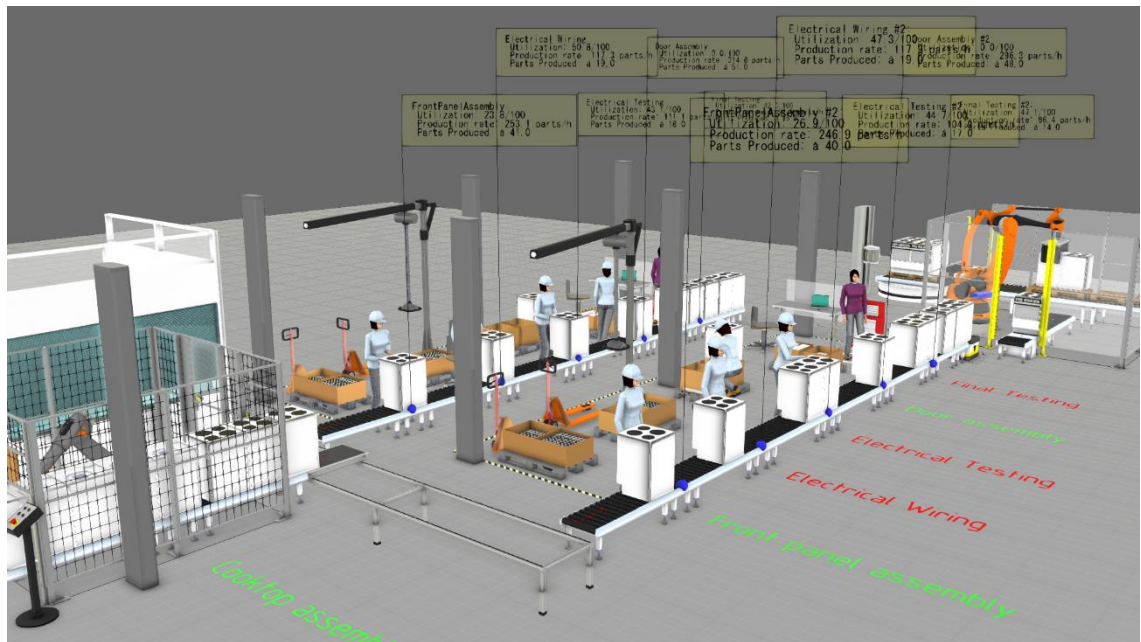


Kuva 6. Lääketeollisuuden tuotantolinjan simulointi Visual Componentsilla. Visual Components 2018.

Visual Componentsia käytetään myös myyntityökaluna. Yksinkertainen simulointi, joka sisältää esimerkiksi robotin, voidaan tehdä jopa kymmenessä minuutissa, ja siitä voi tehdä esimerkiksi 3d pdf:n. Salmisen (2019) mukaan kommunikatio asiakkaan kanssa paranee, kun kaikki on visuaalista toisin kuin kaksiulotteisessa tehtaan pohjapiirustuksessa tai prosessikuvauksessa. Myynnin edistämiseen käytettyä mallia voidaan myöhemmin käyttää etäohjelmoinnissa ja käyttöönoton työkaluna.

Visual Componentsin kirjasto sisältää noin 2400 komponenttia ja lisäksi omia komponentteja voi tehdä käyttämällä python-ohjelmointikieltä. Lisäksi ei-julkisia komponenttikirjastoja on lukuisia monilta eri valmistajilta. Visual Components tukee yleisimpien 3d-mallinnusohjelmien tiedostoformaatteja (Hällström 2019). Lisäksi Visual Components tukee useimpien PLC-logiikoiden yhdistämistä simulaatioon, jonka avulla voidaan tehdä virtuaalista käyttöönottoa. Dataa saadaan

myös helposti ohjelmasta ulos. Esimerkiksi robotin käyttöasteesta tuotantolinjassa voidaan saada helposti dataa ohjelman avulla käyttöön, ja tätä dataa voidaan käyttää apuna käyttöasteen maksimoinnissa. Visual Components tukee myös virtuaalista todellisuutta ja kehitteillä on interaktiivinen virtuaalinen todellisuus, jonka avulla käyttäjä voi esimerkiksi käyttää virtuaalisen tehtaan toimilait-



Kuva 7. Simulointi Visual Componentsilla. Hällström 2019.

teita ja testata tuotantolinjan turvakytkimiä. (Salminen 2019.)

## 4 Etteplan ja digitaalinen kaksonen

### 4.1 Etteplan yrityksenä ja toteutettu teemahaastattelu Etteplanilla

Etteplanin tuotannon digitaalisen kaksosen osaaminen on Vantaan toimipisteessä. Tämän opinnäytetyön tiedonkeruuta varten toteutettiin Etteplanin Vantaan toimipisteessä kolme erillistä puolistrukturoitua teemahaastattelua. Haastattelut toteutettiin keväällä 2019. Haastateltavista henkilöistä kaksi toimii Etteplanilla mekaniikkasuunnittelijoina, ja yksi haastateltavista on Etteplanin aluepäällikkö. Kaikki haastateltavat ovat tehneet Etteplanilla tuotannon digitaalisen kaksosen ratkaisuja.

Opinnäytetyön aiheen ja digitaalisen kaksosen määritelmän haastavuuden vuoksi tiedonkeruun menetelmäksi valikoitui puolistrukturoitu teemahaastattelu. Haastattelun avulla voidaan tulkita haastateltavaa henkilöä ja löytää uusia tietoja sitä kautta. Haastattelun avulla saadaan myös kartoitettua vähemmän tutkittuja asioita monipuolisesti ja useista eri lähtökohdista. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 193.) Teemahaastattelu toimi tässä opinnäytetyössä myös hyvin sen vuoksi, että työskentelen itse Etteplanilla ja sitä kautta minulla oli taustatietoja haastateltavasta yrityksestä ja aiheesta valmiiksi, ja opinnäytetyöhöni aihe oli luontevaa teemoitella. Teemahaastattelun avulla pystyy syventämään ja muokkaamaan kysymyksiä sen mukaan miten haastateltavat vastaavat ja kertovat itse. Yksilöhaastattelut toimivat tässä yhteydessä hyvin, koska haastateltavien ei haluttu vaikuttavan toistensa vastauksiin. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 34-35, 47.) Kvalitatiivisen teemahaastattelun avulla saatu tieto on saatu suoraan ihmiseltä, joten sen avulla saatua tietoa voidaan pitää ainutlaatuisena ja yksityiskohtaisena. (Hirsjärvi & Hurme 2008, 47, 102-105; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 155.)

#### **4.2 Tuotannon digitaalinen kaksonen Etteplanilla ja Etteplanin asiakkaille**

Tuotannon digitaalisen kaksosen ympärillä työskentelee Etteplanin Vantaan toimipisteellä tällä hetkellä kaksi mekaniikkasuunnittelijaa, jotka käyttävät ohjelmistonaan suomalaista Visual Componentsia. Tätä ohjelmaa käyttäen on asiakkaille tehty tuotantolinjasta tai sen osasta digitaalinen kaksonen. Tämän digitaalisen kaksosen kyvyt ja monimutkisuus on määräytynyt asiakkaan vaatimusten mukaan. (Aalto 2019; Martikainen 2019; Torvi 2019.)

Digitaalista kaksosta on usein käytetty esimerkiksi robottisolun ympäristön simuloinnissa ja näitä apuna käyttäen tehty robotin ohjelmointi ja virtuaalinen käyttöönotto. Tämän avulla oikean robotin ja tuotantolinjan käyttöönotto on sujunut nopeammin ja monet ongelmakohdat on korjattu jo digitaalisen kaksosen puolella simuloinnin ja virtuaalisen käyttöönoton avulla. (Aalto 2019.) Pelkän robotin tuotantolinjaan lisäämisen ja ohjelmoinnin lisäksi on voitu tuotantolinjan digitaaliseen kaksoseen mallintaa tuotantolinjan oikea PLC-logiikka ja testata sitä reaaliajassa

(Torvi 2019). Oikean PLC-logiikan sisällyttämisen kanssa on tehty yhteistyötä Etteplanin automaatioinsinöörien kanssa (Aalto 2019).

Laajempaa tuotannon digitaalista kaksosta, johon on sisällytetty IoT:ta, datan käsittelyä ja esimerkiksi algoritmeja ei ole toteutettu, mutta Etteplanilta löytyy osaa mistä kaikilta näiltä alueilta ja tavoitteena onkin tulevaisuudessa toteuttaa laajempaa digitaalista kaksosta (Aalto 2019).

### **4.3 Hyödyt ja haasteet**

Hyödyt riippuvat siitä, mihin digitaalista kaksosta käytetään ja mitä sillä tehdään. Esimerkiksi tuotannon digitaalisella kaksosella pyritään parantamaan tuotantoprosessia ja sen suunnittelua. Hyöty voi tulla seisakkiajan pienentämisestä, käyttöönoton kuluvan ajan ja ongelmien pienentämisestä, kun muutokset tai uusi tuotantoprosessi on testattu jo digitaalisella kaksosella. Voidaan myös varmistua tuotantoprosessiin tehtävien muutoksien hyödystä. Voidaan myös kokeilla digitaalisen kaksosen avulla lukemattomia erilaisia muutoksia tuotantoprosessiin ja testata niiden toimintaa aina virtuaaliseen käyttöönottoon asti. (Aalto 2019)

Asiakkaalle pystytään myös näyttämään digitaalisen kaksosen avulla tuotantoprosessin toiminnallisuutta ja suoritusarvoja, jolloin asiakas pystyy tekemään parempien tietojen pohjalta investointipäätöksiä ja lykätä niitä prototyyppivaiheessa. Asiakas pystyy myöskin kommunikoimaan paremmin tuotantoprosessin suunnittelijoiden kanssa suunnittelun aikana digitaalisen kaksosen visuaalisuuden ansiosta. Digitaalisen kaksosen avulla eri alojen suunnittelijoiden kommunikointi korostuu ja helpottuu ja voidaankin esimerkiksi yhdistää konemekaniikka ja koneautomaatio varhaisemmassa suunnittelun vaiheessa, jolloin projektin läpivientiaika pienenee. (Aalto 2019.)

Digitaalisen kaksosen käsite on erittäin laaja ja se on varsin uusi käsite. Uusien käsitteiden ongelmana on usein niiden määrittely; mitä se oikeasti on, kun ei ole vielä absoluuttista käsitettä. Asiakas voikin tarkoittaa jotain aivan muuta puhuttaessa digitaalisesta kaksosesta, ja tämä vie aikaa ja tuo haasteita kommunikointiin. (Aalto 2019; Martikainen 2019.) Haastateltavien mielestä digitaalinen kaksosen teknologiana ei ole haaste, mutta sen soveltaminen ja erilaisten teknologioiden yhteen liittäminen on haaste. Konemekaniikkaa ja automatiikkaa on jo liitetty digitaaliseen kaksoseen, mutta haasteena ja tavoitteena on vielä pyrkiä liittämään tiedonkeruuta ja analytiikkaa ja saada niistä hyötyä digitaalisen kaksosen avulla asiakkaalle paremman virtuaalipainoksen avulla.

## **5 Case-projekti**

### **5.1 Tavoitteet ja toteutus**

Case-projektin tavoitteena oli tutustua robottisolussa olevan robotin vaihtamisen etenemiseen ja sitä kautta havainnoida mitä hyötyä digitaalisesta kaksosesta oli projektissa, ja miten sitä tulisi jatkossa hyödyntää. Projektiin liittyvä tieto saatiin käymällä sähköpostikeskustelu projektin työntekijän Teppo Torven kanssa toukokuussa 2019.

Case-projektissa asiakas päätyi tilaamaan Etteplanilta Fanuc-merkkisen robottisolun modernisoinnin, koska asiakkaan robotti oli mennyt rikki ja sen ohjelma tuhoutunut. Etteplanin tehtävä oli toimittaa asiakkaalle uusi ABB:n IRB 910SC Scara-robotti (kuva 8) sekä uusi ohjelmoitava logiikka eli PLC. Uudeksi PLC:ksi valikoitui Siemensin S7-1200. Torven (2019) mukaan tehtävänä oli palauttaa rikkiäinen tuotantosolu mahdollisimman nopeasti toimintaan. Tätä varten käytettiin Visual Componentsin simulointiohjelmistoa, jolla pyrittiin tekemään myös virtuaalinen käyttöönotto. ”Tämän menetelmän tavoitteena oli vähentää käyttöönottoaikaa ja sen riskejä”, kertoi Torvi.



Kuva 8. ABB:n Scara-robotteja. ABB 2019.

Projekteissa saatujen alkutietojen merkitys on suuri ja niiden merkitys korostuu etenkin projekteissa, joissa käytetään digitaalista kaksosta. Etteplan sai asiakkaalta CAD-mallit vanhasta solusta ja robotin käyttämästä tarttuimesta. PLC:n osalta saatiin vanha tekstipohjainen PLC-koodi. Vanhasta solusta saatiin myös osaluettelo, pneumatiikkakaavio ja sähkökaavio. Torven (2019) mukaan erityisesti tarkka 3d-malli solusta ja tarttuimesta olivat olennaisia onnistumisen kannalta, jotta pystyttiin tekemään robotille oikeat ja tarkat liikeradat. ”Dokumenteista esimerkiksi pneumatiikkakaaviot auttoivat ymmärtämään mikä periaate esim. jonkin manipulaattorin liikealueissa on tai miksi jokin venttiili saa vain yhden boolean signaalin”, kertoo Torvi saatujen dokumenttien hyödystä.

PLC tehtiin alkuvaiheessa Codesys-nimisellä ohjelmalla, mutta se siirrettiin myöhemmin osaksi Siemensin TIA Portalilla tehtyä varsinaista ohjelmaa. Sekä Codesysin että Siemensin PLC-ohjelmia ajettiin Visual Componentsissa samaan aikaan simuloinnin kanssa. TIA Portal vaati toimiakseen PLCSIM-Advanced lisäosan Siemensiltä. ABB:n robotin ohjelma liikeratojen suhteen tehtiin Visual Componentsilla, josta se käännettiin Visual Componentsin jälkikäsitteilytyökalulla ABB Rapid -koodiksi. Robottiohjelma viimeisteltiin ABB Robot Studiolla. Projektin vaiheet on kuvattu alla olevassa kuviossa 2.

Vaihe	Mitä tehtiin
1	Katselmointi asiakkaalla ja projektin aloitus
2	Lähtötietojen läpikäyminen toimistolla
3	3d-mallien ja komponenttien tuominen Visual Componentsiin
4	Mallien toiminnallistaminen ja signaalien luominen logiikalle
5	Robottiohjelman tekeminen ja uuden korokelevyn suunnittelu
6	Mallin simulointi ilman PLC:tä
7	Codesysillä tehdyn PLC-logiikan yhdistäminen Visual Componentsiin
8	Mallin parantelu ja koeajo
9	Käyttöönotto
10	TIA Portal ohjelman yhdistäminen Visual Componentsiin ja simulointi

Kuvio 2. Projektin kulku.

## 5.2 Lopputulos

Torven (2019) mukaan projektissa haasteena oli alussa ymmärtää laitteen toimintaa vanhan tekstipohjaisen ohjelman avulla. Haasteita olivat myös eri vaiheiden läpimeno ja lukitusten ymmärrys. Torven (2019) mukaan haastena oli siis ymmärtää mitä laitteessa täytyy olla tapahtunut, jotta logiikkaohjelma pääsee eteenpäin. ”Oma kokemus Visual Componentsista ei vielä tuolloin ollut ainakaan niin hyvä kuin nyt, joten projekti oli samalla oppia visualin käyttöön. PLC puolella haasteet olivat samanlaisia”, kertoo Torvi omista haasteistaan.

Asiakkaan suhtautuminen digitaaliseen kaksoseen oli varsin neutraali, eikä se ollut asiakkaan päämäärä itsessään. Päämääränä oli nopea toimitus, johon pyrittiin Etteplanin puolelta pääsemään hyödyntämällä digitaalista kaksosta. Torven mukaan asiakas kuitenkin hämmästyi vanhan solun toiminnan näkemisestä, kun Visual Componentsilla tehtyä mallia näytettiin ensimmäisen kerran. Parempi visuaalisuus siis tuo esille asioita, joita ei välttämättä vanhoilla 2d-pohjapiirustuksilla tai prosessikaavioilla tule esille. Visual Componentsista oli hyötyä robottiohjelmoinnissa ja PLC-ohjelman luomisessa ja testaamisessa. Se myös antoi mahdollisuuden tehdä muutoksia virtuaalimaailmassa ja testata niitä ennen oikeaa käyttöönottoa. Voidaan siis sanoa, että digitaalisesta kaksosesta saatiin tässä projektissa paljon hyötyä. Torvi (2019) kertoi digitaalisen kaksosen tuomasta hyödystä: ”Suurin hyöty on varmasti se, että jos haluamme testata muutoksia voimme tehdä sen nyt virtuaalisesti ennen ohjelmamuutosta oikeaan järjestelmään.”

Digitaalista kaksosta tulisi pyrkiä tulevaisuudessa käyttämään vastaavanlaisissa projekteissa. Digitaalista kaksosta ei tule kuitenkaan myydä itsessään vaan sitä voidaan myydä osana suurempaa kokonaisuutta esimerkiksi osana robottisolua. Digitaalinen kaksonen toimii suunnittelijoiden työkaluna ja mahdollistaa nopeamman toimituksen, paremman kommunikoinnin asiakkaan kanssa visuaalisuuden takia ja nopeamman käyttöönoton. ”Ehdottomasti oikea tapa myös tulevaisuudessa, kun aikataulu on kriittinen ja riskeiltä halutaan välttyä. Ehkä simulointia pitäisi myydä projektien osana, eikä omana projektina. Myynnin tukena olemme käyttäneet visuaalia jo monet kerrat.” vastasi Torvi kysyttäessä digitaalisen kaksonen käytöstä tämän projektin kaltaisissa asioissa.

## **6 Yhteenveto**

Simulointi, virtuaalinen käyttöönotto, testaus ja digitaalinen kaksonen menevät helposti sekaisin. Ne tarkoittavat osittain samoja asioita, mutta digitaalinen kaksonen voi sisältää niitä kaikkia. Esimerkiksi virtuaalisessa ympäristössä tehdään ensin simulaatio, jonka avulla voidaan testata ja tehdä virtuaalista käyttöönottoa. Tätä kokonaisuutta voidaan kutsua digitaaliseksi kaksoseksi. Jatkossa on mietittävä tarkasti, mitä asioita kutsutaan digitaaliseksi kaksoseksi, jotta termiä käytetään oikein ja oikeanlaisissa konteksteissa.

Digitaalinen kaksonen tulee olemaan yhä useammin erilaisissa ratkaisuissa, projekteissa ja laitteissa mukana. Sitä on kuitenkin turha tuoda mukaan mikäli siitä ei saada tai oteta hyötyjä irti tai mikäli se tuodaan mukaan projektiin väärässä vaiheessa. Käytännössä digitaalinen kaksonen on tuotava mukaan ja huomioitava aina mahdollisimman aikaisessa vaiheessa oli kyse sitten uuden tuotteen tai tuotantolinjan suunnittelusta tai vanhan päivittämisestä. Tulevaisuudessa digitaalinen kaksonen ei tule olemaan enää valinta vaan enemmänkin välttämättömyys ja normaali tapa tehdä asioita.

Ohjelmistot digitaalisen kaksosen ratkaisuihin ovat joko varsin uusia tai vasta kehitteillä. On siis seurattava ohjelmistojen kehitystä, jotta tulevaisuudessa osattaisiin valita oikeat työkalut ja ohjelmat projektin laajuuden ja haastavuuden mukaan. Visual Componentsilla on erittäin nopea ja monipuolinen ohjelma, mutta Siemensillä vaikuttaa olevan tällä hetkellä kattavimmat työkalut. Siemensin ohjelmistoilla pystytään tekemään laitteen, tuotannon ja suorituskyvyn digitaalista kaksosta. Siemensin ohjelmistoihin investoitaessa puhutaan kuitenkin suurista summista, joten on tiedettävä mitä niillä pystytään tekemään ja miten.

## Lähteet

Aalto, I. 2019. Aluepäällikkö. Etteplan. Vantaa. Haastattelu 29.03.2019.

ABB. 2019. IRB 910SC SCARA. Tuotesivut. <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-910sc>. Luettu 31.05.2019.

Boschert, S., Heinrich, C. & Rosen, R. 2018. Next generation digital twin.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2008. Tutkimushaastattelu -Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Gaudeamus.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. Jyväskylä: Tammi.

Hällström, H. 2019. Application Engineer. Visual Componentsin ratkaisut digitaaliseen kaksoseen -esitelmä 29.05.2019.

Littlefield, M. 2018. LNS Research. Forging the digital twin in discrete manufacturing. Luettu 25.5.2019.

Martikainen, P, 2019. Mekaniikkasuunnittelija. Etteplan. Vantaa. Haastattelu 08.04.2019.

Metsälä S. 2019. Järjestelmäasiantuntija. Siemensin ratkaisut digitaaliseen kaksoseen -esitelmä. 24.04.2019.

OlgaK. 2018. Simcenter Amesim 17: top 5 capabilities. Simcenter-blogi 10.16.2018, <https://community.plm.automation.siemens.com/t5/Simcenter-Blog/Simcenter-Amesim-17-top-5-capabilities/ba-p/533861>. Luettu 17.5.2019.

Rosen, R., Wichert, G., Lo, G. & Bettenhausen, K. 2015. About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. IFAC-PapersOnLine. 48. 567-572.

Siemens PLM 2015. The Real Value of the Digital Twin. Youtube-video. <https://www.youtube.com/watch?v=gK5sHDfBMP4> Luettu 16.5.2019.

Siemens AG. 2018a. Virtuaalinen käyttöönotto -powerpoint esitys. 24.4.2019.

Siemens AG. 2018b. MindSphere whitepaper. [www.siemens.com/mindsphere](http://www.siemens.com/mindsphere).  
Luettu 17.5.2019.

Siemens 2019. Digitaalinen kaksonen simuloi täydelliseksi. Referenssit.  
<https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuusautomaatio/referenssit/digitaltwin.html> Luettu 5.15.2019.

Torvi, T. 2019. Mekaniikkasuunnittelija. Etteplan. Vantaa. Haastattelu  
29.03.2019.

Visual Components. 2018. Sell more pharmaceutical manufacturing solutions and win more projects with Visual Components. Artikkele. <https://www.visual-components.com/insights/articles/pharmaceutical-packaging/>. Luettu 30.05.2019.

Vuosikatsaus 2018. 2019. Etteplan. Yrityksen vuosikatsaus.