

B134

Pasi Junell & Kati Katajisto &
Petteri Mäkelä & Silja Saarikoski (toim.)

SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
B. Raportteja ja selvityksiä 134

Pasi Junell & Kati Katajisto &
Petteri Mäkelä & Silja Saarikoski (toim.)

SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Seinäjoki 2018

Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja
Publications of Seinäjoki University of Applied Sciences

A

Tutkimuksia
Research reports

B

Raportteja ja selvityksiä
Reports

C

Oppimateriaaleja
Teaching materials

SeAMK julkaisut:

Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto
Kalevankatu 35
60100 Seinäjoki
p. 020 124 5040
kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7109-86-1
ISBN 978-952-7109-87-8 (verkkojulkaisu)

ISSN 1456-1743
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)

SeAMK 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SISÄLTÖ

DIGITALISOITUNUT TEKNIIKAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

<i>Pasi Junell, Kati Katajisto, Petteri Mäkelä, Silja Saarikoski</i> SeAMKin Tekniikan yksikkö edistämässä digitaalista muutosta teollisuudessa ja rakentamisessa	11
<i>Jorma Nevaranta</i> Tekoäly - uhka vai mahdollisuus	15
<i>Piia-Paoliina Mäntysaari, Sanna Joensuu-Salo, Anmari Viljamaa</i> Digitalisaatio mullisti kilpailun	26
<i>Kati Katajisto, Hannu Reinilä</i> TKI-kärjen ”Digitaalinen valmistus ja teollinen internet” kehityspolku	36

DIGITAALISUUS TEOLLISUUDESSA

<i>Hannu Reinilä, Jyrki Latokartano, Minna Lanz, Kati Katajisto</i> Ketteryyttä pk-teollisuuteen	53
<i>Mirka Leino, Timo Kerminen, Juha Palomäki, Janne Kapela</i> Yhteistyöroboteilla joustavaa tehokkuutta elintarviketeollisuuden pk-yritysten tuotantoon	68
<i>Juha-Matti Arola, Saija Rätts</i> Verkkokokousten ja -koulutusten kokemuksia Digivaattori-hankkeessa	79
<i>Jarkko Pakkanen, Toni Luomanmäki</i> Simulointiteknologiat tuotantoympäristöjen kehityksen tukena	90
<i>Hannu Hakalahti</i> PDM-, ERP- ja MES -järjestelmien integraatio	103

Janne Kapela, Juha Palomäki, Mirka Leino

Odoo, avoimen lähdekoodin toiminnanohjausjärjestelmä113

Petteri Mäkelä

IoT-alustojen käyttö opetuksessa125

Niko Rudnäs

Anturit esineiden internetissä133

DIGITAALISUUS RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

Pasi Junell, Rinaldo Rütli

Utilizing remotely piloted aerial system for achieving images for photogrammetric studies149

Tapio Hellman, Mikko Lahti

Photogrammetric 3D modeling for virtual reality160

Jorma Tuomisto, Jari Savolainen

Digitalisaation mahdollisuudet testauksessa176

Aleksi Frimodig

Pienrakentajan digiportaali185



Digitalisoitunut tekniikan toimintaympäristö

SEAMKIN TEKNIIKAN YKSIKKÖ EDISTÄMÄSSÄ DIGITAALISTA MUUTOSTA TEOLLISUUDESSA JA RAKENTAMISESSA

*Pasi Junell, TkT, yliopettaja
SeAMK Tekniikka*

*Kati Katajisto, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SeAMK Tekniikka*

*Petteri Mäkelä, TkL, yliopettaja
SeAMK Tekniikka*

*Silja Saarikoski, informaatikko
SeAMK Kirjasto*

1 JOHDANTOA

Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) Tekniikan yksikössä on painoalana älykkäät ja energiatehokkaat järjestelmät. Yksikön TKI:n näkyvimpänä kärkiprofiilina on digitaalinen valmistus ja teollinen internet. Toisaalta myös rakentamisessa ja rakennetussa ympäristössä digitalisaatio on muuttanut toimintatapoja. Tekniikan yksikössä katsottiin tästä syystä olevan aiheellista muodostaa digitalisaatioteemainen tekniikkaan keskittyvä kokoomateos näyteikkunaksi siitä, mitä yksikössä aiheen tiimoilta tehdään. Digitalisaatiosta on viime aikoina kirjoitettu ja keskusteltu paljon. Tekniikan näkökulmasta aihepiiriä kannattaa tarkastella aluksi hiukan ajassa taaksepäin katsoen.

Digitalisaatio on ilmaantunut voimallisesti yleiseen keskusteluun viimeisinä vuosina. Insinöörejä tilanne hiukan hämmentää, sillä digitalisaatio -käsitteeseen on sisällytetty monenlaisia asioita. Digitaaliset järjestelmät ovat olleet insinöörien ja muiden teknisesti valvutuneiden henkilöiden arjessa jo hyvin pitkään. Valtaosan tietokoneista ollessa digitaalisia voidaan todeta, että laajamittaisempi digitalisaatio on ollut käynnissä verrattain pitkään, aina 1970-luvulta asti. Myöskään tietoliikenteen digitalisoituminen ei ole kovin uutta. Suomen yliopistojen ja tutkimuslaitosten tietoliikenneverkko Funet kytkettiin kansainväliseen internettiin vuonna 1988. Pian

tämän jälkeen, 1990-luvun mittaan, myös matkapuhelinverkko muuttui hiljalleen digitaaliseksi GSM-verkoksi. 1990-luku oli muutenkin Suomessa voimakkaan tietoliikenteen kasvun aikaa. Yhtäältä asiaa edisti Nokian toiminta ja toisaalta Esko Ahon hallituksen vuonna 1995 lanseeraama tietoyhteiskuntastrategia.

Vuosituhanne vaihteen tienoilla tietoyhteiskuntakehitys joutui Suomessa toissijaiseen asemaan muiden aiheiden vallatessa poliittisen keskustelun päähuomion. Teknologinen ja muissa maissa tapahtuva kehitys eivät kuitenkaan pysähtyneet. Seurauksena on ollut, että digitaalisten palveluiden osalta esimerkiksi Viro on merkittävästi Suomea pidemmällä. Toisena poliittisen tai strategisen johtajuuden puutteen seurauksena on ollut se, että Suomeen kasvoi erilaisten järjestelmien saaristo. Järjestelmien keskinäinen kommunikaatio osoittautui haasteelliseksi. Käyttäjien näkökulmasta tilanne muodostui yhtä haastavaksi. Eri järjestelmiin on rakennettu toisistaan poikkeavia toimintalogikoita, jotka käyttäjien oli opeteltava. Tästä johtuen digitalisaatio sai lähinnä ikävän sivumaun, varsinaisten hyötyjen jäädessä vähälle huomiolle.

Nykyinen digitalisaatiobuumi on isolta osin seurausta siitä, että viimeisinä vuosina ihmisten kokemusmaailma on ollut siinä muutoksessa, jota 1990-luvulla visioitiin. Sosiaalisen median 1990-luvun tekstipohjaiset uutisryhmät ("nyyssit") ovat monipuolistuneet ja vaihtuneet multimediaaliseen sosiaaliseen mediaan. Digitaalisten palveluiden määrä on myös kasvanut merkittävästi. Siinä missä 1990-luvulla yritysten verkkosivuilla oli lähinnä tieto käytösosoitteesta ja aukioloajoista, nykyisin monet yritykset tarjoavat verkkopohjaisesti monipuolisia palveluita. Ehkä suurin muutos on kuitenkin se, että verkkoa käyttävien ihmisten määrä on kasvanut valtavasti. Sitä myötä yritysten kannattaa tarjota sähköisiä palveluja ja asiakasrajapinnassa toimivien yritysten kilpailu käydään monelta osin digimaailmassa.

Teknologisessa mielessä digitalisaatiota on tapahtunut jokseenkin tasaisesti kiihtyvällä vauhdilla viimeisen neljänkymmenen vuoden aikana. Varsinaista murrosta tässä kehityksessä on vaikea nähdä. Tämä heijastuu myös käsillä olevan kokoomateoksen artikkeleissa. Muutosta ja murrosta korostavia superlatiiveja ilmenee hyvin vähän. Sen sijaan artikkelit heijastelevat vakaata muutosta. Toisaalta kirjan artikkelit kertovat myös siitä, että SeAMKin Tekniikan yksikössä on seurattu teknologian kehittymistä valppaasti.

2 KIRJAN RAKENTEESTA

Tämä kirja on 28 kirjoittajan voimin tehtyjen artikkelien kokoelma. Artikkelien pääasiallisena taustana on kyseistä aihetta käsittelevä TKI-hanke. Mutta joukkoon

mahtuu myös Tekniikan yksikön opetuksesta kumpuavia artikkeleita ja sellaisia artikkeleita, joiden aihepiiri ei vielä ole konkretisoitunut hankkeeksi. Kirja jakautuu kolmeen lukuun. Ensimmäisessä teknologian digitalisaatioon johdattelevassa luvussa, tämän johdantoartikkelin jälkeen, Jorma Nevaranta pohtii tekoälyn tuomia uhkia ja mahdollisuuksia. Toisessa artikkelissa Piia-Paoliina Mäntysaari, Sanna Joensuu-Salo ja Anmari Viljamaa jäsenetelevät digitalisaation tuomaa muutosta yritysten kilpailuympäristössä. Kolmannessa artikkelissa Kati Katajisto ja Hannu Reinilä esittelevät SeAMKin Tekniikan yksikön digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin TKI-kärjen muodostumisen historian.

Teoksen toinen luku keskittyy digitalisaation tuomiin ilmiöihin ja asioihin teollisuuden näkökulmasta. Luvun aloittaa artikkeli, jossa Hannu Reinilä, Jyrki Latokartano, Minna Lanz ja Kati Katajisto kertovat Ketterä teollisuus –hankkeen toimista ja tuloksista artikkelissaan Ketteryyttä pk-teollisuuteen. Seuraavaksi Mirka Leino, Timo Kerminen, Juha Palomäki ja Janne Kapela käsittelevät yhteistyörobotiikkaa elintarvikealan pk-yritysten näkökulmasta. Luvun kolmannessa artikkelissa Juha-Matti Arola ja Saija Rätts esittelevät verkkopohjaisia kokouksia ja –koulutuksia Digivaattori-hankkeessa saatujen kokemusten pohjalta. Neljännessä artikkelissa Jarkko Pakkanen ja Toni Luomanmäki esittelevät SeAMKissa tehtyä simulointia. Simuloinnilla on SeAMKissa pitkät perinteet sekä opetuksessa että hanke- ja palvelutoiminnassa. Seuraavaksi Hannu Hakalahti käsittelee tuotetiedonhallintajärjestelmän, toiminnanohjausjärjestelmän ja tuotannonohjausjärjestelmän integraatiota Tekniikan yksikön teollisen internetin laboratorioissa. Luvun kuudennessa artikkelissa Janne Kapela, Juha Palomäki ja Mirka Leino esittelevät avoimen lähdekoodin toiminnanohjausjärjestelmän Odoon. Luvun seitsemännessä artikkelissa Petteri Mäkelä kuvailee IoT alustojen käyttöä opetuksen näkökulmasta. Luvun päättää Niko Rudnäsin artikkeli erilaisten antureiden käytöstä esineiden internetissä.

Teoksen kolmannessa luvussa esitellään SeAMKissa tehtyjä toimia, joissa digitaalisuutta hyödynnetään rakennetussa ympäristössä. Luvun aloittavat Pasi Junell ja Rinaldo Rütli artikkelillaan miehittämättömien ilma-alusten käytöstä otettaessa kuvamateriaalia fotogrammetriaa varten. Tämän jälkeen Mikko Lahti ja Tapio Hellman esittelevät fotogrammetrisen mallin muodostamista ja tähän käytettyjä ohjelmistoja. Nämä kaksi ensimmäistä kolmannen luvun artikkelia on kirjoitettu yhteistyökuvioiden vuoksi englanniksi. Luvun kolmannessa artikkelissa Jorma Tuomisto ja Jari Savolainen esittelevät testauksien ja mittauksien digitalisoitumisesta. Luvun päättää Aleksu Frimodig artikkelillaan, joka esittelee Pienrakentajan digiportaali –hankkeen. Hankkeessa luodaan portaali helpottamaan pienrakentajan rakennusprojektin hallintaa.

3 LUKIJALLE

Kirjan artikkeleiden kirjoittamisessa lukijakohderyhmäksi on ajateltu teknisesti orientoitunut lukija, joten artikkeleiden lukeminen saattaa vaatia hieman teknistä tietämystä. Artikkeleissa on kuitenkin pyritty välttämään liiallista teknistä yksityiskohtatietoa ja keskeisimpiä käsitteitä on pyritty avaamaan. Tämä teos keskittyy Tekniikan yksikön painoalaan älykkäät ja energiatehokkaat järjestelmät. Artikkelit painottuvat kuvaamaan sitä, miten teollisuuden ja rakentamisen digitalisaatio näkyy yksikön toiminnassa. Teos ei siten ole kattava esitys siitä, mitä Tekniikan yksikössä digitalisaationkaan puitteissa tehdään. Tärkeystään huolimatta teoksen ulkopuolelle ja toisiin teoksiin julkaistavaksi on jätetty muun muassa tekniikan opetuksen digitalisaatio, sikäli kun opetettava substanssi ei ole suoraan liittynyt teollisuuden tai rakentamisen digitalisoitumiseen.

Teoksen toimituskunta kannustaa lukijaa pohtimaan, millä tavalla artikkeleissa esitettyjä tuloksia tai menettelytapoja voi hyödyntää omissa toimissaan. Pohtimisen arvoista on myös se, millä tavalla lukija voisi itse osallistua tulevaisuudessa artikkelissa esitettyihin toimiin tai tutkimuksiin. Molemmissa näistä tapauksista toimituskunta kannustaa lukijaa rohkeasti olemaan yhteydessä teoksen toimitajiin tai artikkelien kirjoittajiin.

Tämän kokoomateoksen muodostuminen on edellyttänyt mittavaa yhteistyötä. Artikkeleiden taustalla oleviin tutkimuksiin ja toimiin on osallistunut, artikkeleiden kirjoittajien ohella, mittava joukko SeAMKin ja yhteistyötahojen henkilöstöä. Merkittävä rooli on myös ollut SeAMKin toimintaa rahoittaneilla tahoilla sekä luonnollisesti SeAMKin opiskelijoilla. Kokoomateoksen toimituskunta haluaa esittää kaikille edellä mainituille tahoille lämpimän kiitoksen.

TEKOÄLY – UHKA VAI MAHDOLLISUUS

*Jorma Nevaranta, TkT, yksikön johtaja
SeAMK Tekniikka*

1 JOHDANTO

Tekoäly on käsite, joka on nykyisin paljon esillä niin tieteellisissä kuin arkisemminkin asiayhteyksissä. Milloin se nähdään suurena uhkana ihmiselle ja jopa koko ihmiskunnalle ja milloin taas välttämättömänä kehitysasteena mm. yritysten toiminnan tehostamisessa sekä ihmisten arjen helpottamisessa. Sinänsä kysymys ei ole aivan viime aikojen asiasta. Tekoälyksi luettavia sovelluksia on tehty jo ainakin parinkymmenen vuoden ajan ja siitä on keskustelut aloitettu jo hyvinkin kauan sitten, itse asiassa lähes heti tietokoneiden kehityksen alkuaikoina 1950-luvulla.

Kesällä 1956 Dartmouth Collegessa USA:n New Hamshiressa järjestettiin kesäseminaari, jolle tekoälyn pioneereihin lukeutuva John McCarthy keksi nimen ”Artificial Intelligence” (Haikonen 2017a, 27-28). Tämä lasketaan yleisesti tekoälyn kehittämisen alkuketkeksi, vaikka tästä tuli olemaan vielä pitkä matka ihmisen kaltaisesti oppiviin koneisiin. Kuitenkin heti tuolloin käytettiin suuria rahasummia tekoälyn ja oppivien koneiden kehittämiseen. Suurista panostuksista huolimatta tutkimushankkeet ja –ohjelmat eivät kuitenkaan tuottaneet mitään suuria läpimurtoja. Seurasi ns. tekoälyn talvi, jonka aikana rahoitus alan tutkimukseen yliopistoissa väheni huomattavasti. Hiukan tulkinnasta ja maastakin riippuen tuo tekoälyn talven ajankohta sijoittui 1970-luvulta aina 1990-luvulle asti.

Vuosituhatosen vaihteen jälkeen tekoälyn tutkimus on kasvanut huomattavasti. Tässä kehityksessä on hyvin merkittävää ollut ihmisen aivojen toiminnan intensiivinen tutkimus. Oppivien koneiden kehittäminen nykyisin perustuukin keino-tekoisiin neuroverkkoihin, jolloin tekoälyn toiminta muistuttaa ihmisen aivojen toimintaa. Mielenkiintoista on, että suomalaiset tutkijat ovat modernin tekoälyn tutkimuksen huipulla maailmassa.

2 TEKÖÄLYN MÄÄRITELMÄ

Siitä saakka, kun McCarthy toi julkisuuteen käsitteen Artificial Intelligence, on tekoälylle pyritty löytämään tiedeyhteisön yhteisesti hyväksymää määritelmää. Tällaista ei kuitenkaan vielä ole löydetty. Toisaalta se on ymmärrettävää, koska jo ihmisen älyn määrittäminenkin on hyvin vaikeaa. Ihmisen älyn tutkimisessa tullaan aivotutkimukseen, mikä on 2000-luvulla edistynyt suurin harppauksin.

Tietokoneohjelmaa, joka kykenee jonkinlaiseen älykkääseen toimintaan, on perinteisesti pidetty tekoälynä. Tässä yhteydessä puhutaan ns. tekoälyn yleisestä määritelmästä tai heikosta tekoälystä. Olennaista tässä määritelmässä on se, että ihmisen tekemä tietokoneohjelma kykenee ratkomaan ongelmia valitsemalla suuresta ratkaisujoukosta johonkin algoritmiin perustuen parhaan vaihtoehdon. Esimerkkejä tällaisista tekoälyistä ovat mm. shakkitietokoneet tai pikemminkin niiden ohjelmistot.

Vahvan (tai modernin) tekoälyn määritelmä lähtee ihmisen aivojen tapaisesta älyn määrittelystä, vaikka sen määrittely itsessäänkin on vaikeaa, kuten edellä todettiin. Tässä tullaan väistämättä sellaisiin käsitteisiin kuten tietoisuus ja kognitio. Aivotutkimuksen tämän hetken tietämyksen mukaan aivojen etulohkolla on keskeinen rooli tiedostamisessa (Järvilehto 2012, 68). Filosofit ovat kautta aikain pohtineet tietoisuuden käsitettä. Kuuluista lausunto on niinkin kaukaa kuin vuodelta 1637. Silloin ranskalainen filosofi René Descartes totesi: "Cogito, ergo sum" eli "Ajattelen, siis olen" (Järvilehto 2012, 9). Tässäkin tullaan kuitenkin siihen ongelmaan, että pitäisi määritellä, mitä ajattelu on.

Kognitioon sisällytetään yleisesti havaitseminen, tunnistaminen, oppiminen, muistaminen, ajattelu, päättely ja luonnollisen kielen käyttö. Haikonen (2017a) lisää listaan mukaan vielä myös tunteet. Tietoisuuden määrittely on kehittynyt Descartesin ajoista hiukan laajemmaksi ja täsmällisemmäksi. Tässä on eräs määrittely (Haikonen 2017a, 202): "Tiivistettynä tietoisuuden selitys on seuraava: Tietoisuus on laadullista havaitsemista. Tietoisuuden sisältö koostuu todellisista ja virtuaalisista aistihavainnoista, jotka voidaan muistaa ainakin jonkin aikaa ja raportoida. Tietoinen havainto näyttäytyy laadullisena elämyksenä, koska se on sellainen itsessään eikä mikään kuvaus."

Vahvan tekoälyn määrittelyssä kognition ja tietoisuuden vaatimukset tulevat keskeisiksi. Tällöin tekoälyltä vaaditaan mm. kykyä oppia asioita ilman, että ratkaisut olisivat etukäteen ohjelmoituja. Tällaiset tekoälykoneet perustuvat yleensä keinotekoisiiin neuroverkkoihin, joiden rakenne muistuttaa ihmisen aivojen rakennetta. Neuroverkkoihin perustuva tekoäly kykenee oppimaan sille annettujen

esimerkkien avulla aivan kuten ihminenkin. Näin sitä ei ohjelmoida vastaamaan tiettyyn syötteeseen tietyllä tavalla. Kuitenkin tässäkin tapauksessa tarvitaan tietokone ohjaamaan toimintoja (Honkela 1996). Vaikka vahvan tekoälyn mukaisia järjestelmiä onkin jo kehitetty, ei edelleenkään voida puhua tietoisista koneista tai roboteista. Asiaa vaikeuttaa tietysti tuon tietoisuuden määrittämisen vaikeus.

3 PERINTEINEN VS. NEUROVERKKOIHIN PERUSTUVA TEKOÄLY

Erilaiset älykkyydosamäärätestit mittaavat esim. visuaalista, numeerista tai päätelykyvyn lahjakkuutta. Perinteinen tekoäly toki voidaan ohjelmoida suoriutumaan tiettyntyyppisestä älykkyydestä hyvin tuloksin. Esimerkiksi numeerisen lahjakkuuden testissä hyvin menestyvä tietokoneohjelma ei välttämättä menesty visuaalisen lahjakkuuden testissä. Neuroverkkoihin perustuva, oppiva tekoäly sen sijaan voi menestyä erilaisissakin älykkyyttä mittaavissa testeissä. Seuraavassa esitellään perinteisen ja toisaalta neuroverkkoihin perustuvan tekoälyn sovelluksia ja kehitystyötä.

3.1 Perinteinen tekoäly

Tekoälyn talven jälkeen vuosituhannen vaihteen lähestyessä alkoi tulla kohua herättäviä sovelluksia, joita silloin kutsuttiin tekoälyksi. Suurta julkisuutta sai IBM:n supertietokone Deep Blue, kun se pelasi vuonna 1996 silloista shakin maailmanmestari Garri Kasparovia vastaan kuitenkin häviten kuusipelisen turnauksen luvuin 4-2. Kasparov oli hyvin itsevarma, kun hän seuraavana vuonna pelasi jälleen samaa konetta vastaan. Deep Bluen ohjelmistoa oli kuitenkin kehitetty edelleen ja se voitti Kasparovin luvuin 3½ - 2½. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun kone voitti shakin hallitsevan maailmanmestarin. Shakin harrastajille näiden molempien turnausten pelit löytyvät lähteestä Kasparov vs Deep Blue (1996-1997). Deep Blue perustui siis etukäteen ohjelmoituun shakkitietokoneeseen eli se ei edustanut vahvaa, neuroverkkoihin perustuvaa teknologiaa. Vaikka Kasparov tuon hävityn turnauksen jälkeen kritisoikin Deep Bluen ja sen operaattorin toimintaa turnauspelien aikana, on hän myöhemmin puhunut julkisuudessa tekoälystä hyvinkin myönteiseen sävyyn.

Toinen perinteisen tekoälyn peliesimerkki on suomalaisen prof. Tuomas Sandholmin kehittämä Libratus peliohjelma, joka tammikuussa 2017 voitti pokeripeliturnauksessa neljä maailman huippupelaajaa. Pokeri poikkeaa shakista siinä, että se ei ole yhtä determinististä eli informaatio tietokoneohjelmalle on pokerissa

epätäydellistä. Näin ohjelman algoritmien pitää toimia eri tavalla kuin shakissa. Sandholmin saavutus on sensaatiomainen ja niinpä hän oli yksi neljästä kutsutusta luennoitsijasta isossa, kansainvälisessä tekoälykonferenssissa 2017 (Sandholm 2017). Mielenkiintoista on se, että vaikka Libratus ei perustukaan neuroverkkoihin, se on kuitenkin oppiva ohjelmisto.

Nämä kaksi perinteisen tekoälyn esimerkkiä ovat hyvin merkittäviä saavutuksia. Lisäksi Libratus on aivan viime vuosien tuote. Tiettyyn tarkoitukseen kehitettyyn ohjelmaan perustuvan perinteisen tekoälyn aika ei siis suinkaan ole vielä ohi. Tähän teknologiaan perustuvia sovelluksia tulee koko ajan lisää esim. kaupan ja teollisuuden aloilla.

Takaiskujakin on tullut, kuten aina uutta kehitettäessä tulee. Yksi paljon huomiota herättänyt tapahtuma oli itseohjaavan Tesla S auton yhden ihmisen kuolemaan johtanut onnettomuus 7.5.2016 Floridassa. Kuorma-auton perävaunun alle kulkeutuneesta autosta leikkautui katto pois, kun auton anturit eivät havainneet tiellä poikittain olevaa vaaleata perävaunua kirkkaassa auringonpaisteessa (Boudette & Vlasic 2017). Tapahtuneen jälkeen Tesla-yhtiö selitti, että auto ei ollut tarkoitettukaan itseohjaavaksi, vaan sen Autopilotin tarkoitus oli toimia kuljettajaa avustavana järjestelmänä. Joka tapauksessa Tesla sai osasyyn onnettomuudesta nimenomaan ajoturvallisuuteen liittyvistä teknologisista ratkaisuisistaan. Myös Teslan Autopilot-järjestelmä perustuu perinteiseen tekoälyn. Auton tietokone saa informaatiota lukuisista antureista ja ohjelman algoritmit tekevät päätöksiä näihin anturitietoihin perustuen.

3.2 Neuroverkkoihin perustuva tekoäly

Vahva tekoäly toimii hyvin samalla tavalla kuin ihmisen aivot. Sen tekemät ratkaisut eivät perustu etukäteen ohjelmoituihin, vaan oppimisen kautta saatuihin tietoihin. Järvilehto (2012, 35) toteaa, että ihmisen muistaminen on osaamista ja että tämänhetkisen neurotieteen mukaan muistot tallentuvat aivoihin verkostoina. Lisäksi hän toteaa, että aivokuorelle muodostuu hermosolujen välille verkostokytköksiä, jotka tuottavat ennakoitavan tuloksen tietyn ärsykkeen saadessaan. Näistä ihmisen aivojen verkostomaisista toiminnoista kytköksineen on suora yhteneväisyys neuroverkkoihin perustuvaan vahvaan eli moderniin tekoälyn. Keinotekoisten neuroverkkojen tutkimus alkoi hämmästyttävän varhain jo heti tietokoneiden syntyhistorian alussa. Käsitteen ja siihen liittyvän neurotieteellisen ja matemaattisen mallintamisen pioneereja olivat neurotieteen tutkija Warren S. McCulloch ja matemaatikko Walter Pitts. Heidän julkaisuaan ”A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity”, vuonna 1943, pidetään ensimmäisenä keinotekoisten neuroverkkojen tieteellisenä esityksenä (Marsalli 2006). Neuro-

verkkoihin perustuvia tekoälysovelluksia on kehitetty lukuisia, mutta vielä ei voida puhua vahvan tekoälyn sovelluksista. Vahvan tekoälyn omaavien järjestelmien pitää olla vielä ajattelevia, tietoisia tietokoneita (Haikonen, 2017a, 214).

Haikonen (2017a, 94-106) toteaa kognitiota käsitellessään, että ihmisen aivot eivät käytä perinteisen tietokoneen tavoin muistipaikkaosoitteita. Aivoissa sen sijaan data itse on muistipaikan osoite ja se haetaan assosiatiivisesti viitteiden avulla. Oppimisesta hän toteaa, että kaikki oppiminen edellyttää muistia, mutta kaikki muistaminen ei ole oppimista. Tässä oppimisen ja osaamisen määrittelyssä on hienoinen ero edellä esitettyyn Järvilehdon määrittelyyn.

Google DeepMind-yhtiön tuote AlphaGo voitti maaliskuussa 2016 Go-pelin 18-ker-
taisen maailmanmestari Lee Sedolin. Tätä Go-peliä oli siihen saakka pidetty aivan
liian vaikeana tekoälylle ja myös Sedol oli hyvin yllättynyt siitä, että kone voitti hänet
(Haikonen 2017a, 269). AlphaGo:n tekoälyn kehittäminen oli luonnollisesti suuren
työn tulos ja siinä oli mukana iso tutkijajoukko. Se perustuu syviin neuroverkkoi-
hin ja sen oppiminen tapahtui pelaamalla ihmisiä vastaan ja toisaalta pelaamalla
itseään vastaan. Ennen maailmanmestari Lee Sedolin voittamista AlphaGo pelasi
voitollisesti (5-0) Euroopan mestari Fan Huita vastaan lokakuussa 2015. Näissä
peleissä AlphaGo analysoi tuhansia kertoja vähemmän erilaisia vaihtoehtoja kuin
Deep Blue teki peleissä Kasparovia vastaan siitä huolimatta, että Go-pelissä on
huomattavasti enemmän siirtovaihtoehtoja kuin shakissa (Silver ym. 2016). Tämä
johtuu näiden tekoälyjen eroista siinä, että AlphaGo on oppiva ja Deep Blue ei
sitä ole. Oppivaa tekoälyä voidaan tässäkin suhteessa verrata ihmisen älyyn.
Ihminen tekee ratkaisujaan hyvin paljon intuitioon eikä kaikkien vaihtoehtojen
läpikäyntiin perustuen. Intuitio kehittyy ihmiselle harjoittelun ja siis oppimisen
kautta (Järvilehto 2012, 78-83).

Haikosen kokeellinen robotti XCR-1 on paljon julkista mielenkiintoa herättänyt,
vaikka se on ulkoiselta olemukseltaan varsin vaatimattoman näköinen (kuva 1).
Robotti on rakenteeltaan modulaarinen. Siinä on piirikortit seuraaville toiminnoille
(Haikonen 2017a, 233):

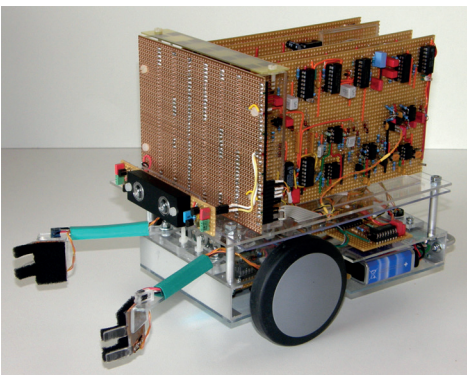
- moottorinohjaus
- visuaalinen havaitseminen
- kuuleminen ja sanojen tunnistaminen
- kipu- ja mielihyväaistit sekä emotionaaliset reaktiot
- puheen tuottaminen.

XCR-1 robotin tekoäly perustuu Haikosen jo vuonna 2003 esittämään kognitiivi-
seen neuroverkkooarkkitehtuuriin (HCA, Haikonen Cognitive Architecture). Siinä on

kognition monta elementtiä, jopa alkeellista kivun tunnistamista ja oppimistakin (Haikonen 2017a, 226-238). XCR-1 on merkittävä askel kohti tietoisia robotteja.

Kolmas esimerkki liittyy ihmisen aivojen magneettikuvauksen ja keinotekoisien neuroverkon yhteistoimintaan. Järvilehto (2012, 9-10) nimeää ihmisen ajatteluun liittyen kaksi koulukuntaa: aivokoulukunta ja ideakoulukunta. Nimensä mukaisesti tuo ensimmäinen koulukunta pitää ajattelua aivotoimintana. Tämä näkemys on saanut merkittävää tukea ihmisaivojen fMRI-magneettikuvausten tulosteista. Näistä on selvinnyt mm., että ihmisen ajatellessa tiettyjä asioita aktivoituvat tietyt aivojen alueet sen mukaisesti. Näistä tulosteista on jopa pystytty tunnistamaan yksittäisiä sanoja.

Japanilaiset Kiotoon neurotieteen laboratorion ja Kiotoon yliopiston tutkijat ovat tämän aivokoulukunnan edustajia. Heidän tutkimuksensa pyrkii luomaan yhteyden ihmisen aivotoiminnasta neuroverkkoon tunnistamalla aivoista ihmisen näkemisiä kuvia ja jopa ajatuksia (Horikawa & Kamitani 2017). Hiukan pelkistetysti ilmaistuna kyse on siitä, että ihmisen katsellessa jotain kuvaa tämä syvään neuroverkkoon perustuva tekoäly tunnistaa näköaivokuoren fMRI-magneettikuvauksen tulosteesta tuon saman kuvan. Tuo tekoälyn tunnistama kuva voidaan sitten esittää tietokoneen näytöllä. Tämä neuroverkkotekoäly on erilaisia kuvia katselemalla opetettu tunnistamaan eri kohteita. Se on kuitenkin myös itsessään oppiva tunnistamaan sellaisiakin kuvia, mitä sille ei ole etukäteen opetettu. Mielenkiintoista on, että järjestelmä pystyy tulkitsemaan sekä nähtyjä että kuviteltuja kuvia. Horikawa & Kamitani (2017, 11) toteavat artikkelinsa lopussa, että nähtyjen ja kuviteltujen kuvien lisäksi heidän kehittämänsä tekoälyjärjestelmä voisi tulevaisuudessa pystyä tulkitsemaan myös ajatuksia ja näin sisäistä puhetta. Tämä olisi tietysti iso harppaus ja auttaisi mykkiä tai puheviasta kärsiviä tuottamaan koneen avulla puhetta. Ihmisaivojen ja syvien neuroverkkojen toiminnan yhdistäminen luo tietysti monia muitakin huikeita näkymiä. Se voi jopa auttaa ymmärtämään paremmin mitä tietoisuus itsessään on.



Kuva 1. Kokeellinen robotti XCR-1 (Haikonen 2017b).

4 TEKOÄLY TEOLLISESSA YMPÄRISTÖSSÄ

Teollisten sovellusten yhteydessä puhutaan tekoälyn sijasta yleisesti koneoppimisesta. Asia sinällään on aivan sama. Robotteja on teollisuudessa käytetty jo kymmenien vuosien ajan, mutta niitä on hyödynnetty lähinnä rutiinomaisissa töissä kuten hitsauksessa ja kokoonpanossa. Ne on ohjelmoitu suorittamaan yhtä ja samaa tehtävää. Tekoäly tuo aivan uudenlaisia mahdollisuuksia sovelluksille. Yksi robotti voidaan opettaa suoriutumaan erilaisista tehtävistä

Tekoälyn hyödyntäminen ei rajoitu vain tuotannossa tapahtuviin rutiinitöihin. Käyttökohteita löytyy tuotteen koko elinkaarelle uuden tuotteen kehittämisestä sen käytöstä poistamiseen. Tuotannon laadunvalvonta, volyyymiennusteiden tekeminen ja tuotteen käytönaikainen kunnonvalvonta ovat esimerkkejä, missä tekoälyn käyttö on yleistynyt. Näissä sovelluksissa nopeat, tilastolliset analyysit tulevat keskeiseen rooliin. Itse tuotteissa tekoälyä luonnollisesti käytetään mm. tuotteen helpomman ja turvallisemman käytön takaamiseen. Tunnettuja esimerkkejä tästä ovat autojen hahmontunnistukseen liittyvät hätäjarrutukset, kaistavahdit, kuljettajan torkkuvahdit ja puheentunnistus. Autonomiset autot ovat tietysti yksi tekoälyn sovelluskohde. Edellä kuvattu Teslan onnettomuus vuonna 2016 kuitenkin osoittaa kehittämistyön vaativuutta liikenteessä. Seuraavassa esitellään muutamia teollisia sovelluksia. Niitä on jo hyvin monenlaisia ja koko ajan tulee lisää.

Prosessiteollisuudessa käytetään paljon pyöriviä koneita, joissa taas on paljon erilaisia laakereita. Laakeriviat ovat merkittävä syy sellaisiin vaurioihin, että kone pitää pysäyttää ja näin aiheutetaan joskus hyvinkin kalliiksi tuleva, pitkä seisakki tuotantoon. Paperikone on hyvä esimerkki tällaisesta koneesta, missä seisakin arvo on hyvin suuri. Niinpä paperikoneen kuntoa valvotaan koko ajan sen käytössä ja näin pystytään ennustamaan mm. alkavat laakeriviat. Seisakki voidaan näin suunnitella etukäteen ennen kuin varsinaista konerikkoo pääsee tapahtumaan. Perinteisesti koneen käyttäjät seuraavat valvomossa erilaisten antureiden antamia tietoja koneen kunnosta. Tyypillinen seurattava asia on eri kohteista mitattu värinätaso. Alkava laakerivika nostaa värinätasoa, mutta se myös aiheuttaa lähiympäristönsä äänimaailmaan poikkeavuutta. Niinpä kokeneet paperikoneen käyttäjät seuraavat koneen kuntoa myös ”korvakuulolla”. Joskus heillä on jopa pieni metallikeppi apuna tässä monitoroinnissa. Tällaiseen äänimaailman muutoksiin voidaan neuroverkkoon perustuva tietokone opettaa helpostikin. Siinä on vielä se hyvä puoli, että äänen tarkkailussa ei tarvita kosketukseen perustuvia antureita.

Toinen tapa laakerivian havaitsemiseen on laakeripesään kiinnitettyjen kiihtyvyyssanturien mittaustulosten käyttäminen. Neuroverkkotietokone voidaan opettaa

havaitsemaan alkava vika anturitiedoista. Patel ja Upadhyay (2015) ovat tutkineet tätä aiheuttamalla rullalaakeriin erisuuruisia vikoja ja opettamalla neuroverkkoa tunnistamaan värähtelysignaaleista laakerivian vakavuusastetta. Menetelmä toimii erinomaisen hyvin eli signaaleista saadaan luotettava ennuste vian vakavuusasteelle.

Voidaan tietysti esittää kysymys siitä, mitä uutta tässä on, kun prosessiteollisuudessa on tällaisia mittauksia tehty jo kymmenien vuosien ajan. Tässä uudessa menetelmässä on kuitenkin se iso ero, että tietokonetta ei ole ohjelmoitu analysoimaan värähtelytasoja, vaan neuroverkko on opetettu tunnistamaan vian suuruutta. Mielenkiintoista olisi ollut, jos tuossa tutkimuksessa olisi opetettu neuroverkko tunnistamaan vikatasoja myös laakeripesän ympäristön äänimittauksiin perustuen.

Yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä, ERP (Enterprise Resource Planning), sisältää tietoa sen tilaus- toimitusketjusta kuten esim. tuotannon ja varastojen hallinnasta ja laskutuksesta. Farhat & Owayjan (2017) ovat tutkineet neuroverkkoon perustuvaa varastojen hallintaa kulutustavaroiden myynnissä. Neuroverkko opetettiin aiempien vuosien tilastotiedoilla ennustamaan tulevien vuosien myyntivolyymeja vuoden tietyille ajanjaksoille. Mallissa oli mukana hyvin monenlaista tilastotietoa kuten yrityksen myyntilaskutus, vuodenaajat, yleiset loma-ajat, poliittiset tapahtumat, säätiedot, pörssikurssit jne. Mallilla simuloitiin kuviteltuja tulevaisuuden tapahtumia ja myös todellista, jo mennyttä ajanjaksoa. Kuviteltujen tulevien tapahtumien simulointituloksia verrattiin menneisyyden samankaltaisten tapahtumien aikaiseen myyntiin. Joulun 2016 myyntivolyymien ennustaminen muutamille tuotteille tehtiin etukäteen ja ennusteen osuvuus oli hyvä todellisiin myyntilukuihin suhteutettuna (Farhat & Owayjan 2017, 294). Tässä tapauksessa kohteena olivat erihintaiset deodorantit. Kuitenkin tässä simulaatiossa todettiin vielä neuroverkkomallissa pieniä puutteita. Malli ei nimittäin ottanut huomioon kyseisen markkina-alueen tai maan yleistä taloudellista tilannetta, mikä kuitenkin voidaan helposti lisätä siihen ja opettaa neuroverkko ottamaan senkin huomioon muiden tilastotietojen lisäksi. Toimialasta tai tuotteesta riippumatta yrityksen toiminnanohjauksen hyvä hallinta on sen kannattavuuden ehdoton edellytys. Hyvin monen tuotteen myynti on kausiluontoista ja lisäksi monesta muusta tekijästä riippuvaista. Tästä syystä tuotannon ohjaaminen hyviin ennusteisiin perustuen säästää yrityksen voimavaroja ja tietysti rahaa sekä toisaalta parantaa sen reagoitokykyä myynnin kasvupiikkeihin.

5 YHTEENVETO

Tekoäly on tullut yhä lähemmäksi ihmisten arkea ja sovelluksia siitä on jo olemassa hyvin laajasti. Erityisen merkittäviä ovat viime aikoina olleet keinotekoisiiin neuroverkkoihin perustuvat, oppivat tekoälysovellukset. Koulutustarjoajien pitää varautua yhä enemmän ihmisten uudelleen koulutukseen, kun tekoäly korvaa ihmisten tekemää työtä joko kokonaan tai osittain hyvinkin monissa ammateissa. Tietotekniikka-alan arvostetun visionäärin, F-Securen tutkimusjohtaja Mikko Hyppösen ennuste, jonka mukaan tekoäly tekee ohjelmoijista työttömiä (Kerkkänen 2016), tuntuu aluksi hyvin yllättävältä. Hyppönen luonnollisesti perustelee väitettään uskottavasti toteamalla, että tekoälyä hyödyntävä tietokone tekee ohjelmakoodia huomattavasti ihmistä nopeammin ja virheettömämmin. Sen sijaan tietoturvan ammattilaisia tullaan hänen mukaansa tarvitsemaan yhä enemmän ja näin ollen ohjelmoijien osaamista pitää suunnata sille osa-alueelle tietotekniikkaa.

Esineiden Internet (IoT) kytkee meille arkisia esineitä kuten autoja ja kodinkoneita Internetiin. Tietomassa (Big data) pilvipalveluissa kasvaa todella kovaa vauhtia samoin kuin sen käsittely Internetissä. Ihmisiä koskevaa tietoakin kerätään jo nyt monin tavoin ja on vain ajan kysymys, kun ihmisetkin liitetään kodinkoneiden tavoin Internetiin. Tällöin tullaan isojen eettisten ja juridisten kysymysten ääreen ja voidaan puhua uhkatekijöistä varsinkin, kun tekoäly valjastetaan tutkimaan tätä ihmisiä koskevaa tietoa. Toisaalta ihmisen aivojen magneettikuvauksen ja keinotekkoisten neuroverkkojen yhteistoiminta tuo uskomattomia mahdollisuuksia telelääketieteessä. Tämä yhteistoiminta voi mullistaa esim. sokeiden, kuurojen ja mykkien maailman, kun neuroverkko välittää aivoihin näkemäänsä ja kuulemaansa ja toisin päin aivojen ajatukset välittyvät neuroverkon kautta keinotekoiseksi puheeksi.

Tiedeyhteisössä puhutaan ns. tekoälyn singulariteetista (AI singularity). Sillä tarkoitetaan ajanhetkeä, jolloin tekoälystä tulee ihmistä älykkäämpi. Miten tämä hetki voidaan tunnistaa, onkin sitten aivan toinen asia. Tuleeko se vähitellen ikään kuin huomaamatta vai hetkessä yhtenä "väläyksenä". Haikonen (2017a, 15 ja 268-269) vertaa tekoälyn singulariteettia ydinfysiikan singulariteettiin. Se tapahtui aamuyöllä 16.7.1945 Alamogordossa, New Mexicossa ja oli sananmukaisesti välähdys, kun historian ensimmäinen atomipommi räjähti. Kuten tiedetään, tuo tapahtuma muutti maailmaa hetkessä. Ennusteita tekoälyn singulariteetin ajankohdasta on runsaasti ja ne vaihtelevat suunnilleen vuosien 2030...2045 välillä.

Lopuksi voidaan kuitenkin todeta, että todellista tietoista tekoälyä ei vielä toistaiseksi ole saavutettu eikä oikeastaan olla lähelläkään sen saavuttamista.

Neuroverkkoihin perustuva tekoäly toki on iso askel kohti ihmisen kaltaista älyä, koska se voi oppia asioita. Haikonen (2017a) lopettaa hienon kirjansa toteamukseen ”SINGULARITEETTI EI OLE tulossa. Se on jo hiipinyt oven taakse. Ja se on toisenlainen.” Vastausta tämän artikkelin otsikkoon ”TEKOÄLY – UHKA VAI MAHDOLLISUUS” on hyvin vaikea antaa. Sen sijaan huomattavasti helpompi on todeta: TEKOÄLY – UHKA JA MAHDOLLISUUS.

LÄHTEET

Boudette, N. E. & Vlastic, B. 12.9.2017. Tesla self-driving system faulted by safety agency in crash. [Verkkootikkeli]. The New York Times. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://www.nytimes.com/2017/09/12/business/self-driving-cars.html>

Farhat, J. & Owayjan, M. 2017. ERP neural network inventory control. [Verkkolehtiartikkeli]. Procedia computer science 114, 288-295. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: https://ac.els-cdn.com/S1877050917318331/1-s2.0-S1877050917318331-main.pdf?_tid=12fd3aac-0afb-11e8-8c11-00000aab0f26&acdnat=1517893590_efae41f6160a2e2db10daada9c5c4700

Haikonen, P. O. A. 2017a. Tietoisuus, tekoäly ja robotit. Helsinki: Art House.

Haikonen, P. O. A. 2017b. Kohti tietoisia robotteja. SESKOn kevätseminaari 2017. [Verkkokulkaisu]. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: http://www.sesko.fi/files/772/Pentti_Haikonen_Kohti_tietoisia_robotteja.pdf

Honkela, T. 1996. Neuroverkot: johdatus moderniin tekoälyyn. Proceedings of STeP'96. Publications of the Finnish Artificial Intelligence Society, pp. 1-3. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <http://lipas.uwasa.fi/stes/step96/step96/honkela2/>

Horikawa, T. & Kamitani, Y. 2017. Generic decoding of seen and imagined objects using hierarchical visual features. [Verkkootikkeli]. Nature communications. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://www.nature.com/articles/ncomms15037.pdf>

Järvillehto, L. 2012. Tee itsestäsi mestariajattelija. Helsinki: Tammi.

Kasparov vs Deep Blue. 1996-1997. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <http://www.chessgames.com/perl/chesscollection?cid=1014770>

Kerkkänen, T. 24.7.2016. Hurja ennuste F-Securen Hyppöseltä: Tekoäly tekee ohjelmoijista työttömiä. [Verkkouutinen]. YLE uutiset. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://yle.fi/uutiset/3-9013309>

Marsalli, M. 2006. McCulloch Pitts Neurons. CCSI, Consortium of Cognitive Science Instruction. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: http://www.mind.ilstu.edu/curriculum/mcp_neurons/mcp_neuron_1.php?modGUI=212&compGUI=1749&itemGUI=3018

Patel, J. P. & Upadhyay, S. H. 2015. Comparison between artificial neural network and support vector method for a fault diagnostics in rolling element bearings. [Verkkolehtiartikkeli]. Procedia engineering 144, 390-397. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705816303654>

Sandholm, T. 2017. Super-Human AI for strategic reasoning: Beating Top Pros in Heads-Up No-Limit Texas Hold'em. [Verkkootikkeli]. Proceedings of the Twenty-Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-17), 24-25. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://www.ijcai.org/proceedings/2017/0004.pdf>

Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Driessche, G., Schrittwieser, J., Antonoglou, I., Panneershelvam, V., Lanctot, M., Dieleman, S., Grewe, D., Nham, J., Kalchbrenner, N., Sutskever, I., Lillicrap, T., Leach, M., Kavukcuoglu, K., Graepel, T. & Hassabis, D. 2016. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. [Verkkolehtiartikkeli]. Nature 529 (28 January), 484-503. [Viitattu 28.2.2018]. Saatavana: <https://storage.googleapis.com/deepmind-media/alphago/AlphaGoNaturePaper.pdf>

DIGITALISAATIO MULLISTI KILPAILUN

*Piia-Pauliina Mäntysaari, asiantuntija, TKI
SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri*

*Sanna Joensuu-Salo, FT, yliopettaja
SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri*

*Anmari Viljamaa, KTT, yksikön johtaja
SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri*

1 JOHDANTOA

Elämme digitalisaation aikakautta, mikä tarkoittaa sitä, että yhteiskunnassamme tapahtuu parhaillaan monta digitaalisuuteen liittyvää murrosta samanaikaisesti. Nämä rinnakkaiset murrokset esimerkiksi digitaalisessa teknologiassa, ihmisten käyttäytymisessä ja globaaleilla markkinoilla yritysten liiketoiminnoissa aiheuttavat sen, että tapamme ja toimintamme - jopa ajattelumme - muuttuu peruuttamattomasti useilla yhteiskunnan osa-alueilla. Muutoksia tapahtuu esimerkiksi tuote- ja palveluprosesseissa, ostamisessa ja myymisessä sekä tiedon tuottamisessa ja jakamisessa. Murroksen kourissa julkisella puolella ovat muun muassa liikenne, terveydenhuolto ja koulutus, ja yksityisellä puolella suuria muutoksia on jo tapahtunut esimerkiksi pankki- ja vakuutus- sekä media- ja mainonta-alalla. Ajan ilmiöt, kuten jakamistalous ja sosiaalinen media haastavat esimerkiksi autoteollisuutta ja majoituspalveluita. Vaikutukset ulottuvat yhteiskunnan rakenteisiin saakka, sillä muun muassa lainsäädäntöä ja verotuskäytäntöjä on tarkasteltava uudelleen.

Etelä-Pohjanmaa ja sen yritykset eivät voi välttyä murrokselta, sillä digitalisaatio tuo globaalin kilpailun aiemmin suojaisille markkinoille. Suuret digitaalisen aikakauden toimijat ilmaisine työkaluineen ja käytettävyydeltään huippuun saakka hiottuine verkkokauppoineen opettavat myös meidän alueemme ihmisiä helppoon ostamiseen ja ylivoimaiseen palvelukokemukseen. Nämä yritysajat haastavat perinteiset kivijalkakaupat, joiden valikoima ja aukioloajat ovat rajatut. Tätä kilpailua voidaan, ja on syytä, pitää suurena uhkana, mutta toisaalta myös upeana mahdollisuutena; uudet tavat tuottaa ylivoimaista asiakasarvoa digitaalisilla palveluilla ja uusilla liiketoimintamalleilla ovat jokaisen saatavilla.

On kuitenkin huomattavaa, että suomalaiset pk-yritykset ovat muuta Eurooppaa jäljessä digitalisaation hyödyntämisessä sekä operatiivisessa toiminnassa että strategisella tasolla (Kaupan liitto ym. 16.6.2016). Etelä-Pohjanmaa ei ole suomalaisittain poikkeus. Joensuu-Salon ym. (2017) eteläpohjalaisten yritysten digitalisaation tilaa koskeneessa selvityksessä todettiin, että vain muutamat yritykset ovat kehittäneet toimintojaan digitaalisiksi. Digitaalisuutta ei kovin paljon hyödynnetä myöskään tuotteiden ja palveluiden myynnissä. Toisaalta digitalisaation käyttöönotto vaikutti yrityksen menestymiseen erityisesti liiketoiminnallisen kehittymisen näkökulmasta. Tästä syystä digitalisaation kehittäminen ja uusien liiketoimintamallien ymmärtäminen ovat avainasemassa tulevaisuuden kilpailukyyn säilymisen kannalta.

Tässä artikkelissa kuvaamme digitalisaation synnyttämiä uusia liiketoimintamalleja. Lisäksi luodaan lyhyt katsaus digitalisaatioon eteläpohjalaisissa yrityksissä.

2 LIIKETOIMINTAMALLIN ELEMENTIT JA PERINTEINEN ARVOKETJU

Liiketoimintamallin voidaan karkeasti ottaen sanoa muodostuvan kolmesta tekijästä: 1) miten arvo tuotetaan, 2) mistä arvo syntyy asiakkaalle ja miten se paketoidaan, sekä 3) mikä on liiketoiminnan ansainta (Ilmarinen & Koskela 2017). Perinteisesti ajatellaan, että yrityksen liiketoimintaa kuvaa hyvin esimerkiksi yritys, joka valmistaa tuotetta oman tuotantoprosessinsa mukaisesti, myy sitä vähittäiskaupalle, joka sitten jakellee tuotteen kuluttaja-asiakkaille. Jokainen vaihe tässä ketjussa lisää tuotteen arvoa loppuasiakkaalle, joka perinteisesti maksaa tuotteen rahalla suoraan myyjälle.

Perinteinen lineaarinen arvoketju käsittelee siis yrityksen tuotantoa joukkona toisiaan seuraavia toimintoja, joissa raaka-ainehankinnoista päädytään lopputulokseen eli valmiin tuotteen jakeluun asiakkaalle. Uusissa liiketoimintamalleissa puolestaan arvo asiakkaalle syntyy eri tavalla tai eri elementeistä. Arvo voi muodostua esimerkiksi verkostosta erillisiä yrityksiä, jotka yhdessä tarjoavat parhaan mahdollisen loppuratkaisun asiakkaalle, tai digitaalisesta alustasta, jonka avulla asiakas pystyy valitsemaan juuri itselleen sopivimman tuotekokonaisuuden.

Ilmarisen & Koskelan (2017) mukaan digitalisaation luomissa uusissa liiketoimintamalleissa voidaan huomata muutamia yhtenäisiä ominaisuuksia: ne ovat skaalattavia, niissä on kevyt kustannusrakenne, niillä voidaan saman tien tavoitella globaalia markkinaa ja niissä kertyy dataa, jota voidaan hyödyntää eri tavoin liiketoiminnan kehittämisessä. Muun muassa näiden ominaisuuksien takia yritykset,

jotka ovat lähteneet ennakkoluulottomasti kehittämään uutta liiketoimintaa digitalisaatiota hyödyntäen, ovat paremmassa kilpailuasetelmassa verrattuna niihin yrityksiin, jotka luottavat pelkästään perinteiseen liiketoiminta-ajatteluun. Uudet liiketoimintamallit ovatkin mullistaneet kokonaisia toimialoja ja saattaneet perinteiset toimijat vaikeuksiin.

3 UUDET LIIKETOIMINTAMALLIT

Uutta liiketoimintaa digitalisaation aikakautena synnyttää paitsi teknologia, myös ihmisten käyttäytymisen muuttuminen. Älypuhelin on tuonut tiedon meistä jokaisen saataville ja korvannut laitteita, joita ennen tarvittiin vaikkapa kuvaamiseen tai liikkuvan kuvan katseluun. Lisäksi uusien sovellusten ansiosta esimerkiksi kommunikointimme on nopeampaa ja reaaliaikaisempaa ja käsityksemme asioiden jakamisesta tai verkostoista on muuttanut muotoaan. Kuluttajat ovat yhä taitavampia teknologian käyttäjiä ja odottavat nopeaa ja helppoa asiointia verkossa juuri heille sopivaan aikaan. Tiedostamalla asiakaskäyttäytymisen muutoksen ja reagoimalla siihen, yritykset voi saada huomattavaa kilpailuetua markkinoilla.

3.1 Disruptiivisuus

Disruptioija on "häirikkö", joka tulee vakiintuneille markkinoille sekoittamaan toimintaa ja lisäämään kilpailua (Hämäläinen ym. 2016). Viimeiset 20 vuotta voimakkaasti kehittyvä teknologia on disruptoinut perinteisiä liiketoimintoja (Reillier & Reillier 2017). Digitalisaation mahdollistamasta disruptoinnista ehkä paras ja käytetyin esimerkki on Uber. Uber tuli sekoittamaan monen maan taksiliiketoiminnan ajatuksella, että meistä jokainen voisi toimia taksikuskina ja kuljettaa muita edullisesti paikasta toiseen. Disruptioijalla ei ole taakkanaan vanhoja toimintamalleja, joten se pystyy uudelleen mietityllä tavalla tuomaan erilaisen liiketoimintamallin markkinoille saaden sillä huomattavan kilpailuedun. Esimerkkinä disruptoinnista käytetään usein myös Airbnb-palvelua, joka on mullistanut majoitustoimialan idealla, jossa digitaalisen alustan kautta tarjotaan yksityisomistuksessa olevia majoitusmahdollisuuksia maailmanlaajuisesti. Disruptioijien toiminnasta voidaan olla montaa mieltä, mutta se on varmaa, että ne haastavat kilpailua vakiintuneilla markkinoilla.

3.2 Epäsuorat ansaintamallit ja ilmaisuus liiketoiminnan lähtökohtana

Niin sanotussa perinteisessä kaupankäynnissä olemme tottuneet siihen, että kaksi osapuolta tekee keskenään kauppaa siten, että toinen taho myy tuotteen

tai palvelun ja toinen ostaa sen itselleen ja maksaa rahalla suoraan myyjälle. Digitaalisen aikakauden yritysten liiketoiminnassa on kuitenkin toisenlaisia ansaintamalleja. Esimerkiksi ottaessamme Googlen veloitusettomia digitaalisia työkaluja käyttöön, emme maksa niistä rahana mitään, mutta sen sijaan luovutamme tietomme Googlelle ja sitä kautta mainostajien käyttöön. Näin ollen mainostajat mahdollistavat meille työkalujen käytön.

Monista peliyhtiöstä puolestaan tuttu on käytäntö, jossa liiketoiminnan lähtökohtana on, että jotain annetaan ilmaiseksi. Toisin sanoen, peruspeli annetaan käyttäjälle ilmaiseksi ja varsinainen ansainta tehdään sitten jollain muulla tavalla, kuten pelin lisäosilla tai pelihahmoihin liittyvillä oheistuotteilla.

3.3 Internetin mahdollistamat uudet markkinat ja yrittäjyysmahdollisuudet

1990-luvun lopulla kehitetty internet-verkko on tuonut uudet mahdollisuudet pienenkin yrittäjän saataville. Verkkokaupan ja digitaalisen mainonnan avulla yritys voi tavoittaa globaalisti asiakaskunnan, josta perinteisenä kivijalkakauppana on voinut vain haaveilla. Verkon kautta löytyy ostajat monelle erikoistuotteelle, sillä optimoimalla verkkosivunsa yritys pystyy saamaan tuotteet hakukoneiden kärkeen, jolloin ostajat löytävät ne helposti juuri silloin, kun tarve on kaikkein suurin. Verkko on tuonut myös aivan uudenlaisia yrittäjyysmahdollisuuksia, kun Youtubekanavan tai oman blogin avulla pystyy jo moni ansaitsemaan oman elantonsa ja runsaasti ylikin. Päätään nostaa myös ns. lifestyle-yrittäjyys, jossa ansainta muodostuu oman asiantuntijuuden tai palveluiden tarjoamisesta verkon yli esimerkiksi webinaarien ja virtuaalikoulutusten avulla.

3.4 Jakamis- ja alustatalous

Jo 90 miljoonaa amerikkalaista liittyy jollain tapaa jakamistalouteen: joko tarjoajana tai kuluttajana (Hämäläinen, Maula & Suominen 2016). Jakamistalouden ajatuksena on, että jokainen meistä voi jakaa tuotteita, palveluita tai osaamista muille niitä tarvitseville. Tämä haastaa perinteisen kilpailun, jossa on totuttu, että nimenomaan yritykset toimivat tarjoajina. Jakamistalouden teknisenä käytännön mahdollistajana ovat digitaaliset alustat.

Alustataloudessa ajatuksena on, että digitaaliset markkinapaikat yhdistävät palvelutarjoajia ja -tarvitsijoita. Reillierin ja Reillierin mukaan (2017) tällä hetkellä maailman kymmenestä arvokkaimmasta brändistä peräti kahdeksan on jollain tapaa alustoihin pohjautuvaa liiketoimintaa. Alustatalouden kärjessä on USA, Aasia tulee haastajana ja Eurooppa on pudonnut kehityksestä (Viitanen ym.

2017). Alustatalous on mullistanut esimerkiksi vähittäiskaupan ja majoituksen toimialoja, ja sama trendi jatkuu: terveydenhuolto-, koulutus- ja energia-ala ovat esimerkkejä muutosten edessä olevista toimialoista. Alustalla tarkoitetaan digitaalista tuotteiden, palveluiden ja niihin liittyvien vastikkeellisten ja vastikkeettomien transaktioiden välittämisalustaa eli siis markkinapaikkaa kahden tai useamman osapuolen välillä (ks. Ailisto ym. 2016). Menestyneisiin alustoihin liittyy kyky synnyttää monisuuntainen markkina eri toimijoiden välillä.

Alustatalouden liiketoiminnassa kyse on pohjimmiltaan digitaalisten keinojen käyttämisestä kysynnän ja tarjonnan yhteensovittamiseen (Castren, Kortelainen & Seppälä 2016). Alustoja voi olla monenlaisia. Valtioneuvoston julkaiseman selvityksen mukaan ne voidaan jakaa välitysalustoihin, avoimiin alustoihin, integroiviin alustoihin sekä innovaatioalustoihin (Ailisto ym. 2016). Välitysalustat ovat ns. markkinapaikkoja, joissa avoimia markkinoita ja kolmansien osapuolien omistamia resursseja organisoidaan digitaalisin keinoin (esim. Airbnb). Avoimet alustat (esim. Alibaba) taas hyödyntävät vapaita resursseja ja pääomaeria uuden tuote- ja palvelutarjonnan luomiseksi uusille asiakkaille. Erona välitysalustoihin on, että kukaan osapuoli ei omista asiakkaita. Integroiville alustoille on tyypillistä, että niitä tarjoavat veturiyritykset. Nämä yritykset kokoavat eri toimijoiden luomista, tarjoamista ja ylläpitämistä tuotteista ja palveluista kokonaisuuksia mahdollistaen laajemman ratkaisujen tarjonnan veturiyrityksen asiakkaille (esim. Santander All in One). Neljäs muoto alustasta ovat innovaatioalustat (esim. Apple Store). Niissä eri toimijat luovat, tarjoavat ja ylläpitävät toisiaan täydentäviä tuotteita ja palveluita. Innovaatioalustaa yhdistävät yhteiset pelisäännöt ja käyttäjäkokemukset. Ajatuksena on sitouttaa eri toimijat verkostovaikutusten tuottamien taloudellisten hyötyjen kautta.

Työ- ja elinkeinoministeriö on kiinnittänyt alustatalouteen erityistä huomiota vuonna 2017, ja sen ohjauksessa on julkaistu kolme aiheeseen liittyvää selvitystä (Koramo ym. 2017; Sivonen 2017; Suomen tekoälyaika 2017). Aiheesta on olemassa paljon tietoa, mutta silti alustatalouden mahdollisuuksia selvitysten mukaan hyödynnetään Suomessa vielä varsin vähän. Edellä mainituissa selvityksissä nostetaan esille myös se, että jatkossa olisi varmistettava alustaliiketoiminnassa syntyvän arvon pitämiseksi Suomessa johtamisosaaminen, jolla hallitaan systeemisiä kokonaisuuksia ja motivoidaan työn tekijöitä ja tuottajia.

3.5 Palveluistaminen ja data pääomana

Palveluistaminen on ollut trendinä jo pitkään. Palveluistaminen tarkoittaa, että sen sijaan, että yritys myisi pelkän koneen tai laitteen, se myykin palvelua. Palvelu on paketoitu konkreettisen tuotteen kylkeen tuomaan lisäarvoa asiakkaalle tai toisena vaihtoehtona tuotteen omistamisen sijaan asiakas ostaa palvelun, josta häntä

veloitetaan esimerkiksi kuukausittain. (Ilmarinen & Koskela 2017.) Esimerkkinä palveluistamisesta voidaan käyttää vaikkapa vartiointipalvelua tai fyysisten CD-levyjen sijaan digitaalisia tuotteita myyvää Spotifyta. Koneteollisuuden yrityksissä palveluistaminen voi äärimmillään johtaa, huolto-, koulutus-, ja optimointipalveluiden tuotteistamisen asemesta koko liiketoiminnan uudelleenkonseptointiin palveluksi: asiakkaalle myydään koneen sijaan sopimus kapasiteetista.

Teollisuudessa internetiä ja datan keräämistä on hyödynnetty jo monia vuosia. Moottoreihin ja laitteisiin kiinnitetyt sensorit keräävät dataa, jota analysoimalla voidaan muun muassa tarkkailla laitteiden toimintaa ja puuttua ongelmatilanteisiin ajoissa. Tämä esineiden Internet eli IoT (Internet of Things) tarjoaa yritykselle myös mahdollisuuksia tuotannon tehostamiseen ja nopeaan päätöksentekoon (Kranz 2017). Gartnerin (2017) arvioiden mukaan vuonna 2020 Internetiin liitettävien esineiden ja laitteiden määrä on jo yli kaksikymmentä miljardia. Mahdollisuus kerätä älykelloista, -kodinkoneista, -vaatteista jne. dataa ja tehdä siitä liiketoimintaa uusien palveluiden avulla on siis jo tätä päivää, mutta joidenkin arvioiden mukaan ainoastaan murto-osa kerätystä tiedosta hyödynnetään jollain tavalla.

Teollisen internetin sovelluksista saatava massadata mahdollistaa älykkäämpiä laitteita, palveluita ja uudenlaisia, entistä reaaliaikaisempia monenkeskisiä arvoketjuja. Näistä jälkimmäisiä voidaan jo luonnehtia alustoiksi ja niihin kytkeytyviä toimijoiden verkostoja alustatalouden ekosysteemeiksi.

3.6 Arvoketjun virtualisointi ja ekosysteemit

Castren, Kortelainen ja Seppälän (2016) mukaan siirtyminen toimitusketjologiikasta alustalogiikkaan edellyttää tiedon avoimemman vaihdannan mahdollistamista ja yhteistoiminnallisia, yrityksille yhteisiä rajaresursseja. Rajaresursseja eli digitaalisen alustan yhteisiä "pelisääntöjä" ovat mm. sopimukset oikeuksista ja datan omistajuudesta sekä tekniset pelisäännöt kuten kehitysrajapinnat ja ohjelmistokehitystyökalut. Avoimuus ja käytettävyys näissä resursseissa eri alustojen suhteen kasvattavat arvonluontipotentialia mutta samalla heikentävät kontrollia ja siten myös arvonkaappauspotentialia. Castren, Kortelainen ja Seppälä (2016) toteavat 51 Suomen valmistavan teollisuuden keskisuurta yritystä analysoituaan, että yritykset eivät julkaise omaa dataa tai yhteistoiminnallisia ja teknisiä rajaresursseja avoimesti. Kirjoittajat arvioivat, että valmistava teollisuus pääsääntöisesti edelleen mieltää toimintaympäristönsä toimitusketjologiikan kautta. Alustaekosysteemien syntyminen kuitenkin edellyttää toimialoilla johdonmukaista käsitystä siitä, mihin suuntaan rajaresursseja kehitetään. Digitaalisten alustaekosysteemien syntyminen teollisen internetin ympärille aiheuttaa uudenlaisen kilpailutilanteen ja edellyttää uudenlaisia kyvykkyyksiä.

Suomessa on kuitenkin aktiivista pyrkimystä päästä hyödyntämään alustaekosysteemien potentiaalia. Teollisuuden innovaatioalusta DIMECC Oy on toiminut jo pidempään luodakseen edellytyksiä systeemille muutokselle. Vuonna 2017 käynnistettiin Connected Industry -ekosysteemin, jolla pyritään edistämään systeemistä muutosta. Alojensa johtavia yrityksiä (esim. Konecranes, Nokia, Ponsse, Primapower ja Tieto) yhdistävä Connected Industry soveltaa toimintaan tekoälyä ja rakentaa alustoja ja standardeja, jotka mahdollistavat data jakamisen verkostossa. Tavoitteena on hyödyntää dataan pohjautuvia uusia liiketoimintamahdollisuuksia. (Connected Industry 2017)

Suomalainen Combi Works edustaa toisenlaista näkökulmaa toimitusketjujen virtualisointiin. Combi Worksin toiminta perustuu tuotannon dokumentoinnin ja jäljitettävyyden hallintaan, joka mahdollistaa laajan teollisen tuotannon ilman että yritys omistaa tehtaita. Kustannukset minimoidaan hyödyntämällä olemassa olevien tehtaiden vapaata kapasiteettia joustavasti. FaaS eli Factory as a Service – ajattelu mahdollistaa nopeasti skaalautuvan ja joustavan tuotannon. Teollisuuden palveluistaminen muuntaa näin tuotannon kiinteitä kustannuksia muuttuviksi kustannuksiksi. Combi Works on keväällä 2018 lanseerannut AirFaas –alustan, josta on tarkoitus tulla teollisuuden AirBnB, tuotannon täydellisen ulkoistamisen mahdollistava alusta. Toimitusjohtaja Edward Blomstedtin mukaan tavoitteena on asema maailman 50 suurimman yrityksen joukossa (AirFaas 2018).

Arvoketjujen virtualisoituminen ja tuotantokapasiteetin irtoaminen tuotantolaitosten omistuksesta muuttavat perusteellisesti ja nopeasti teollisuuden kilpailukenttää. Valmistavan yrityksen määritelmäkään ei ole tulevaisuudessa itsestään selvä. Tuotekehityksen ja asiakasrajapinnan hallinta korostuvat kilpailuedun tekijöinä, kun valmistuksen globaalista reaaliaikaisesta optimoinnista tulee arkea pienillekin valmistajille.

4 TILANNE ETELÄ-POHJANMAALLA

Digitalisaation tilannetta Etelä-Pohjanmaalla on selvitetty SeAMKin kolmessa hankkeessa. Digivaattori- ja PK-Digi -hankkeet selvittivät yhteisesti eteläpohjalaisten teollisten yritysten sekä kaupan ja palvelun alan yritysten digitalisaation tilannetta. Suomen metsäkeskuksen ja SeAMKin yhteinen Puutuotealan kasvuhanke selvitti puutuotealan yritysten digitalisaatiota Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Digivaattori- ja PK-Digi -hankkeiden tulosten perusteella voidaan sanoa, että erityisesti toimintojen digitalisointi on vielä alkutekijöissä (ks. Joensuu-Salo ym. 2017). Älykkäillä laitteilla tarkoitettiin tässä yhteydessä laitteita, joilla voidaan mitata, valvoa tai ohjata yrityksen tuotantoa tai toimintaa. Robotiikkaa ei ole ollenkaan käytössä

67 prosentilla vastaajista Myöskään yli puolella vastaajista ei ole käytössä toiminnanohjauksen ja tuotanto-automaation integraatiota. Etäohjausta ja -valvontaa on jokseenkin laajasti käytössä vain pienellä osalla vastaajista. Prosessien osalta parhaiten on digitalisoitu tuotesuunnittelun prosessi ja heikoiten tuotteen elinkaaren hallinta.

Samankaltaisia tuloksia saatiin Puutuotealan kasvuhankkeen selvityksestä. Digitaalisen markkinoinnin kanavista käytössä on lähinnä omat www-sivut (73 prosentilla) ja sosiaalinen media (47 prosentilla). Sitä vastoin pilvipalveluita käyttää vain kolmannes. Verkkokauppa on käytössä ainoastaan vajaalla viidenneksellä (19 prosentilla), mutta sen käyttöönottoa suunnittelee 29 prosenttia yrityksistä. Teollinen internet ja big data ovat vielä lähes tuntemattomia käsitteitä. Erityisesti verkkokauppa tarjoaisi puutuotealan yrityksille uudenlaisen toimintatavan. Aineettomien ominaisuuksien (mm. kotimaisuuden ja ympäristösertifikaattien) esiin nostaminen verkossa voi lisätä kilpailukykyä ja markkinaosuuksia. Usein ongelma verkkokaupan hyödyntämiseen löytyy yritysten liiketoimintamalleista ja ansaintalogiikoista.

Positiivisia tuloksiakin molemmista selvityksistä saatiin. Digivaattori- ja PK-Digi-hankkeen selvityksen mukaan toimintojen ja prosessien digitalisointi vaikuttavat yritysten menestymiseen. Erityinen vaikutus sillä on liiketoiminnalliseen kehittymiseen. Prosessien digitalisointi on yhteydessä siihen, miten hyvin yritys on menestynyt uusien tuotteiden/palveluiden kehittämissä, markkinaosuuden kasvattamisessa, markkinoiden laajentamisessa, henkilöstön kehittämisessä ja sidosryhmäsuhteissa verrattuna kilpailijoihin. Toimintojen ja prosessien digitalisointi ovat myös yhteydessä toisiinsa. Toisin sanoen niissä yrityksissä, joissa prosesseja digitalisoidaan, digitalisoidaan myös toimintoja. Vaikutus liiketoiminnalliseen kehittymiseen on tärkeä seikka, koska liiketoiminnallinen kehittyminen vaikuttaa vuorostaan taloudelliseen menestymiseen. Toimintojen ja prosessien digitalisoinnilla oli vaikutusta myös siihen, miten yrityksen kokivat digitalisoinnin hyödyttäneen yrityksen kehittymistä. Mitä enemmän digitalisointia oli tehty, sen enemmän yritykset kokivat saaneensa hyötyä siitä. Tarkempi analyysi myös osoitti, että prosessien digitalisointi on avainasemassa: kehittäminen yrityksissä kannattaa siis aloittaa prosesseista.

Puutuotealan kasvu -hankkeen selvitys vahvisti näitä tuloksia. Mitä enemmän yrityksellä oli käytössään digitaalisia välineitä, sitä enemmän yritys myös koki liiketoiminnallista hyötyä digitalisaatiosta. Näitä hyötyjä olivat kannattavuuden parantuminen, uusien liiketoimintamahdollisuuksien luominen, liiketoimintaprosessien tehostuminen, tuotekehityksen tehostuminen, uusien asiakkaiden tavoittaminen ja asiakaspalvelun parantuminen. Myös yrityskuvan vahvistumi-

nen ja yhteistyön tiivistyminen yhteistyökumppaneiden kanssa olivat koettuja hyötyjä. Huomion arvoista myös on, että digitalisaatiolla oli yhteys liiketoiminnan tuloksellisuuteen. Mitä enemmän ja laajemmin yritykset hyödyntävät digitaalisia välineitä, sitä suurempi hyöty niistä saadaan. Tämä vuorostaan vaikuttaa sekä yrityksen taloudelliseen tuloksellisuuteen, että liiketoiminnalliseen kehittymiseen. On kuitenkin huomattavaa, että esimerkiksi alustatalouteen ja tekoälyyn liittyvät ajatukset ja liiketoimintamallit ovat vielä suhteellisen vieraita eteläpohjalaisille yrityksille. Tekoälyohjelman ohjausryhmä kuitenkin korostaa, että Suomen tekoälyyn pohjautuva kasvupotentiaali on erittäin korkea (Suomen tekoälyaika 2017). Kehittämistoimilla voi olla myönteisiä vaikutuksia niin talouskasvuun kuin työllisyyteen. Sama koskee alustatalouden mahdollisuuksia. Ailisto ym. (2016) uskovat, että digitaalisista palveluekosysteemeistä ja alustoista voi tulla Suomelle keskeinen kilpailutekijä globaaleilla markkinoilla. Tarvitaan vain kykyä soveltaa uusia teknologioita liiketoiminnoissa ja johtaa murresta johdonmukaisesti kohti uudenlaista maailmaa. Tällä matkalla uuteen maailmaan voisivat myös eteläpohjalaiset yritykset olla mukana.

5 LOPUKSI

Digitalisaatio on peruuttamattomasti mullistanut yritysten kilpailuympäristön kaikilla tasoilla. Arvon tuottaminen nojaa entistä useammin digitaalisuutta hyödyntäviin välineisiin (esim. robotit ja kevyet tekoälysovellukset). Arvon synty asiakkaalle liittyy uusissa liiketoimintamalleissa lisääntyvässä määrin dataan ja dataa kohtaannuttaviin, muokkaaviin ja jakaviin alustoihin. Arvon paketointi ja toimittaminen asiakkaille hyödyntää digitaalisia, reaaliaikaisia kanavia. Ansaintalogiikat muuttuvat ja muuttuessaan haastavat perinteisiin arvoketjuihin perustuvan liiketoiminnan lähtökohdat. Niilläkin aloilla, joilla fyysiseen kontaktiin perustuva ihmistyö pitää pintansa vielä pitkään (esim. parturikampaamot, terveydenhoito), on nähtävissä digitalisaation vaikutus asiakkaiden odotuksiin. Toimijat, jotka pystyvät hyödyntämään digitalisaation välineitä asiakkaan palveluprosessissa lisäarvon tuottamiseen, saavat etulyöntiaseman suhteessa perinteisiä välineitä käyttäviin.

Kilpailun mullistuksilta on käytännössä mahdoton eristäytyä sen enempää toimialarajojen kuin valtioiden rajojen taakse. Digitalisaatio ajaa edellään ns. luovaa tuhoa, joka uhkaa jähmeitä toimijoita karsiutumisleillä. Samaan aikaan digitalisaatio mahdollistaa täysin uudet globaalit markkinat, joiden kannalta sijainti ei enää ole merkityksellinen tekijä. Singapore, San Francisco ja Seinäjoki ovat uudessa kilpailuympäristössä samalla viivalla.

LÄHTEET

- Ailisto, H., Collin, J., Juhanko, J., Mäntylä, M., Ruutu, S., Seppälä, T., Halén, M., Hiekkänen, K., Hyytinen, K., Kiuru, E., Korhonen, H., Kääriäinen, J., Parviainen, P. & Talvitie, J. 2016. Onko Suomi jäämässä alustatalouden junasta? [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 19/2016. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79575/Onko%20Suomi%20j%C3%A4%20j%C3%A4m%C3%A4ss%C3%A4%20alustatalouden%20junasta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AirFaas awarded as the potential future European Tech giant by EU Commissioner. 20.2.2018. [Verkkosivu]. AirFaas. [Viitattu 18.3.2018]. Saatavana: <https://airfaas.com/FI/media.html>
- Castren, K., Kortelainen, A. & Seppälä, T. 2016. Rajaresurssien puute hidastaa teollisen internetin alustaekosysteemien syntyä. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: ETLA. ETLA Raportit 55. [Viitattu 18.3.2018]. Saatavana: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Raportit-Reports-55.pdf>
- Connected Industry -ekosysteemi käynnistyy. 22.12.2017. [Verkkoartikkeli]. Konekuriiri. [Viitattu 18.3.2018]. Saatavana: <http://www.konekuriiri.fi/uutiset/connected-industry-ekosysteemi-kaynnistyy/>
- Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016. 7.2.2017. [Verkkosivusto]. Gartner Inc 2017. [Viitattu 26.2.2018] Saatavana: <https://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
- Hämäläinen, V., Maula, H. & Suominen, K. 2016. Digiajan strategia. Helsinki: Alma Talent.
- Ilmarinen, V. & Koskela, K. 2017. Digitalisaatio: Yritysjohdon käsikirja. Helsinki: Alma Talent.
- Joensuu-Salo, S., Hakola, J., Katajavirta, M., Nieminen, T., Liukkonen, J., Pakkanen, J. & Nummela, J. 2017. Pk-yritysten digitalisaatio Etelä-Pohjanmaalla. [Verkkajulkaisu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 125. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: <http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129131/B125.pdf;jsessionid=BFABA352CF854017B6B5E5B66CEAB0D5?sequence=1>
- Kaupan liitto, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tekes, Teknologiateollisuus ja Verkkoiteollisuus. 16.6.2016. Digibarometri 2016. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Taloustieto. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: <http://www.digibarometri.fi/uploads/5/8/8/7/58877615/digibarometri-2016.pdf>
- Koramo, M., Keinänen, J., Oosi, O. & Wennberg, M. 2017. Itsensätyöllistäminen ja jakamistalous työelämän murroksessa. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 13/2017. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79272/TEMjul_13_2017_verkkajulkaisu.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kranz, M. 2017. Building the internet of things: Implement new business models, disrupt competitors, transform your industry. Hoboken, NJ: Wiley.
- Reillier, L. & Reillier, B. 2017. Platform strategy: How to unlock the power of communities and networks to grow your business. New York: Routledge.
- Sivonen, P. 23.10.2017. Digitaalisen alustatalouden tiekartasto: Pelikirja digibisnekseen. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tekes : Valtioneuvosto : Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: https://mes.eventos.fi/uploads/3988c137/Pekka_Sivonen-6696.pdf
- Suomen tekoälyaika – Suomi tekoälyn soveltamisen kärkimaaksi: Tavoite ja toimenpidesuosituksset. 23.10.2017. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 41/2017. [Viitattu 23.2.2018]. Saatavana: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80849/TEMrap_41_2017_Suomen_teko%C3%A4lyaika.pdf
- Viitanen, J., Paajanen, R., Loikkanen, V. & Koivistoinen, A. 2017. Digitaalisen alustatalouden tiekartasto. Helsinki: Tekes : Valtioneuvosto : Työ- ja elinkeinoministeriö. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: https://www.businessfinland.fi/globalassets/julkaisut/alustatalouden_tiekartasto_web_x.pdf

TKI-KÄRJEN ”DIGITAALINEN VALMISTUS JA TEOLLINEN INTERNET” KEHITYSPOLKU

*Kati Katajisto, tutkimus- ja kehittämispäällikkö
SeAMK Tekniikka*

*Hannu Reinilä, yliopettaja
SeAMK Tekniikka*

*“If everyone is moving forward together, then success takes care of itself.”
Henry Ford*

1 TAUSTAA

Artikkelissa kuvataan Tekniikan yksikön TKI-kärjen ”Digitaalinen valmistus ja teollinen internet” kehityspolku vuodesta 2012 lähtien sekä analysoidaan eri vaiheiden ja kumppanuuksien merkitystä osaamisen ja yhteistyön kehittämisessä sille tasolle, jossa kärkialue on tällä hetkellä. Lisäksi hahmotetaan seuraavia kehittämisaskeleita.

Innovaatio alkaa aina ideasta ja idealla on omistaja. TKI-kärjen kehitysidea lähti kehittymään keväällä 2012 Hannoverin teollisuusmessuilla, jossa Hannu Reinilä törmäsi useaan otteeseen uuteen käsitteeseen Industry 4.0, kiinnostui siitä ja ryhtyi selvittämään, mistä oikein on kysymys. Silloin ei toki vielä osattu ennakoita, missä ollaan vuonna 2018. Aiheesta hankittiin lisätietoa ja keskusteltiin Tekniikan yksikössä. Lopputulos oli, että aiheeseen täytyy tarttua. Ymmärrettiin, että maailma muuttuu. Ei voitu selkeästi nähdä mihin ollaan menossa, mutta tunnistettiin muutoksen ajureita: digitaalisuus lisääntyy monella tavalla, teknologia kehittyi, tarvitaan uutta osaamista, yritysten asiakkaiden tarpeet muuttuvat ja liiketoiminta muuttuu. Insinöörikoulutuksen sisältöjen tulee vastata teollisuuden tulevia tarpeita.

Yksikön johdon sitoutuminen ideaan oli kehitystyön ensimmäinen askel. Teema sopi yksikön TKI-toiminnan painoalaan ”Älykkäät ja energiatehokkaat järjestelmät” ja oli siten strategisesti tärkeä. Alusta lähtien oli tavoitteena sekä opetuksen että yritys yhteistyön kehittäminen.

Innovaatio alkaa aina ideasta ja idealla on omistaja. TKI-kärjen kehitysidea lähti kehittämään keväällä 2012 Hannoverin teollisuusmessuilla, jossa Hannu Reinilä törmäsi useaan otteeseen uuteen käsitteeseen Industry 4.0.

2 DIGITALISAATION MUUTOKSEN EDELLYTYKSET JA VAIHEET

Digitaalinen transformaatio teollisuudessa tai korkeakoulussa ei tapahdu noin vain, vaan se vaatii uusia ajatusmalleja (mindset), osaajia (people), prosessien kehittämistä (processes) ja moderneja työkaluja (tools) (Dodd 2015). Tässä artikkelissa arvioidaan TKI-kärjen kehittämistyön onnistumisia ja karikoita näistä näkökulmista. Artikkelissa käytetään lisäksi viitekehyksenä Altimerin (2016) esittämiä digitaalisuuden kehitystasoja.

Ajatusmalleilla (mindset) tarkoitetaan seuraavia asioita:

1. Aloita ydintoiminnoista. Ei teknologia edellä vaan sosiaalisella / taloudellisella kulmalla. Teknologia mahdollistaa.
2. Sitoudu ja hyväksy muutoksen tuottama kipu. Muutos nostaa vastarintaa. Koulutuksella on iso merkitys.
3. Näytä, älä puhu. On tärkeää näyttää tuloksia aikaisessa vaiheessa.
4. Ole läpinäkyvä. Yhteisöllinen näkemys ja kokemus on tärkeää. Ole avoin onnistumisista ja epäonnistumisista.
5. Ajattele laajemmin. Mahdollistavien teknologioiden kirjo on suuri.

Digitaalinen transformaatio teollisuudessa tai korkeakoulussa ei tapahdu noin vain, vaan se vaatii uusia ajatusmalleja (mindset), osaajia (people), prosessien kehittämistä (processes) ja moderneja työkaluja (tools) (Dodd 2015).

Osaajat (people) ovat muutoksessa keskeisessä roolissa:

1. Tutor ja/tai mentori. Etsi organisaation sisältä tai ulkoa opas, jolla on tietotaito aiheesta keskusteluun.
2. Muutospositiiviset. Kerää tiimiin ihmisiä, jotka uskovat teknologian toimivuuteen. Turha pessimismi ei edesauta kehittymistä.

3. Tukiverkosto. Varmista, että sinulla on olemassa henkilö, joka ymmärtää muutoksen tarpeen.
4. Hajota siilot. Tiedon läpinäkyvyyden lisääminen koskee koko organisaatiota.
5. Tiedonhaltijat. Tiedon hallintaa ja hyödynnettävyyttä pystyy jokainen organisaatio parantamaan.

Prosessien kehittämisessä (processes) on oleellista:

1. Kehitystyön horisontti. Horisontti tulee olla näkyvissä, mutta kehitystyö pitää jakaa pieniin selkeisiin ja toteutettaviin askeliin.
2. Innovatiivisuus eli rohkeus kokeilla. Muutoksen tehtävä on hajottaa vanhaa ja rakentaa uutta. Anna tälle mahdollisuus.
3. Suunnittele yhdessä. Vuorovaikutus ja kiinnostuksen herättäminen antavat muutosprosessille vauhtia. Lupaa ääneen ja anna mahdollisuus arvioida.
4. Älä keksi pyörää uudestaan. Etsi ne tahot, jotka ovat ratkaisseet haasteen ja pyri tekemään näiden kanssa yhteistyötä.
5. Jos se ei toimi, lopeta. Älä haaskaa aikaa prosesseihin, jotka eivät tue ydintoimintoja eivätkä toimi käytännössä. Järjestä ydintoiminnoille tarvittavat resurssit.

Modernit työkalut (tools) tulee ottaa käyttöön:

1. Todennäköisesti se on jo keksitty. Digitaalisia työkaluja on olemassa. Pitää vain löytää sopiva.
2. Pilvipohjaisuus. Tehokkuutta, skaalautuvuutta ja yhteistyön tasoa nostetaan hyödyntämällä pilvipohjaista tiedonjakoa.
3. Moduoli. Yksi tapa toimia ei sovi kaikille. Pyri konfiguroimaan itsellesi paras ja tehokkain työkalupakki.
4. Reaaliaikaisuus. Tuo muutos näkyville. Reaaliaikaiset mittarit kertovat tilanteesta.
5. Kestävä ratkaisu. Pidä huoli, että muutos jää pysyväksi varaamalla koulutukselle ja ylläpidolle tarvittava määrä resursseja.

Konsulttiyhtiö Altimerin kehittämää digitaalisen muutoksen kuuden tason vaiheistusta (Altimer 2016) käytetään yleisesti kuvaamaan kehitysprosessia.

Tasot (Kuvio 1) ovat:

1. Toimitaan niin kuin aina ennenkin ja odotetaan digi-hyphen menevän ohi.
2. Toteutetaan yksittäisiä kehittämishankkeita. On tunnistettu, että jotain tulee tehdä, mutta hapuillaan vielä, miten tulisi edetä.
3. Kehitystoiminta muuttuu systemaattisemmaksi. On tunnistettu hyötyjä ja sitoutuminen digitalisaation kehittämiseen lisääntyy.
4. Yhteistyö organisaation sisällä kasvaa, siilot purkautuvat ja kehittämisen strategisuus kasvaa.

5. Asiakslähtöisyys korostuu toiminnassa ja nähdään hyödyt organisaatiolle.
6. Kehitystyö on jatkuvaa ja se organisoitunut luontevaksi osaksi arkea.



Kuvio 1. Digitalisaation muutoksen tasot (Altimeter 2016).

3 TKI-KÄRJEN KEHITTÄMISEN VAIHEET

Tekniikan yksikkö ei jäänyt odottelemaan digi-hypen ohi menoa, vaan lähti kehittämään osaamistaan ensin digitaalisessa valmistuksessa ja myöhemmin myös teollisessa internetissä.

Ensimmäisenä tavoitteena oli saada muutos ajatusmalleihin. Automaatio-, kone- ja tietotekniikan opettajat ja TKI-henkilöstö tuli sitouttaa laajasti muutokseen ja kehittämiseen. Tarvittiin yhteistyötä eri insinöörialojen kesken ja siilojen purkamista tutkinto-ohjelmien väliltä. Ratkaisuna tähän nähtiin yhteisten työkalujen käyttöönotto. Jotta toiminta olisi uskottavaa teollisuuden näkökulmasta, oli työkalujen oltava sellaisia, joita myös teollisuus käyttää.

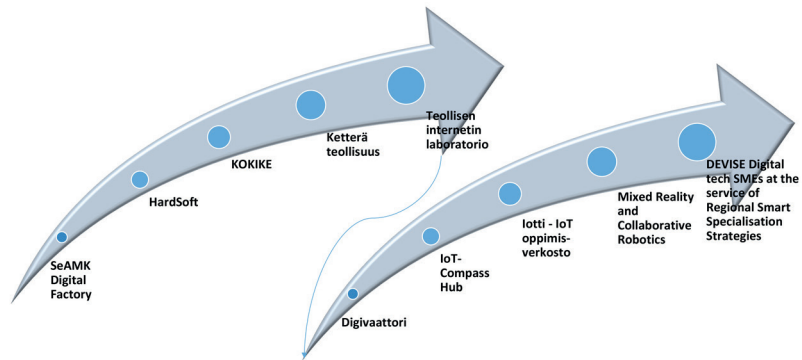
Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikkö solmi maaliskuussa 2013 pitkäaikaisen yhteistyösopimuksen Ideal Product Data Oy:n kanssa (kuva 1). Ideal edustaa maailmanlaajuisia Siemens PLM Softwarea ja toimii sen partneriyhteyksinä Suomessa ja Venäjällä. Siemens PLM Software valmistaa globaalisti digitaaliseen valmistukseen liittyviä ohjelmistoratkaisuja. Yhteistyösopimus mahdollistaa SeAMK Tekniikan käyttöön kokonaisvaltaisen PLM-ohjelmistoympäristön, johon kuuluu kymmeniä yksittäisiä ohjelmia.

Ohjelmistot ovat vapaasti käytettävissä myös projekteissa ja palvelutoiminnassa. SeAMK oli sopimusta tehtäessä ainoa Ideal Product Data Oy:n ammattikorkeakoulukumppani. Tiedekorkeakouluista he olivat valinneet kumppanikseen Tampereen teknillisen yliopiston tuotantotekniikan laitoksen, mikä loi uusia mahdollisuuksia ja resursseja kehittämishankkeisiin ja DI-koulutukseen Etelä-Pohjanmaalla. Tekniikan yksikön ja Tampereen teknillisen yliopiston yhteistyöllä oli jo pitkät perinteet.



Kuva 1. Ideal Product Data Oy:n ja SeAMK Tekniikan yhteistyösopimuksen vahvistavat 26.3.2013 toimitusjohtaja Tapio Juurakko (oikealla) ja yksikön johtaja Jorma Nevaranta. (Kuva: Ismo Tupamäki SeAMK).

TKI-kärjen "Digitaalinen valmistus ja teollinen internet" kehittäminen on toteutettu useiden kehittämishankkeiden kautta (Kuvio 2). Hankkeita on rahoitettu pääosin EAKR- ja ESR-rahoituksilla, mutta viime aikoina myös muista EU:n rahoituslähteistä saatujen hankkeiden kautta. Hankkeista on saatu tarvittavat resurssit, jotta henkilöstö on voinut keskittyä kehittämistyöhön. Useat hankkeet ovat sisältäneet myös investointeja. Ilman hankerahoitusta työ olisi ollut oleellisesti hitaampaa ja tavoitteet vaatimattomammat. Seuraavassa luvussa tarkastellaan kehittämistyötä edellä esitetyn kuuden askeleen viitekehyksessä näiden hankkeiden kautta.



Kuvio 2. Kohti ketterää teollisuutta.

3.1 TASO 2: Satunnaisia kehittämishankkeita

Ensimmäinen kehittämishanke oli SeAMK Digital Factory, jonka keskeisimpinä tavoitteina oli luoda digitaalisen valmistuksen (Digital Manufacturing) oppimisympäristö opiskelijoille ja osaamiskeskus yrityksille. Näin tehostetaan ja lisätään ymmärrystä niin yrityksissä kuin insinöörikoulutuksessa tuotetiedon (PDM, Product Data Management) ja tuotteen elinkaaren (PLM, Product Lifecycle Management) hallinnan ohjelmistoympäristön hyödyistä. Henkilöstön sitoutumien ja osaaminen sekä tutkinto-ohjelmien välisten sillojen purkaminen edistyivät hankkeen myötä. Opettajat muodostivat tiimejä ja saivat koulutusta ohjelmistoista ja veivät opetukseen uusia työkaluja. Ensimmäisiä pilottiprojekteja toteutettiin. Useista vanhoista työkaluista luopuminen tarkoitti myös poisoppimista. Osaamista lisättiin myös yrityksissä muodostamalla asiasta kiinnostuneiden teknologiayritysten verkosto, joka toi omaa näkemystään digitaalisen valmistuksen soveltamiseen. Tässä ns. teknologiaryhmässä on yli 10 eteläpohjalaista yritystä ja se toimii edelleen.

HardSoft-hankkeessa rakennettiin oppimisympäristö, jossa todelliset ohjausjärjestelmät (esim. ohjelmoitavat logiikat ja muut vastaavat) integroidaan erilaisia tiedonsiirtotapoja käyttäen SeAMK Digital Factoryssa olevaan digitaaliseen tuoteteeseen, tuotantosoluun tai -prosessiin. Opetuksessa tai yritysten tuotekehityksen ja suunnittelun tarpeisiin todellisia kalliita laboratoriolaitteita ei välttämättä tarvita, koska ohjausjärjestelmien ohjelmatestaus voidaan tehdä digitaalisilla 3D-malleilla. Näin insinööriopiskelijoilla on valmistuttuaan osaaminen virtuaalisen käyttöönoton (Virtual Commissioning) toteuttamisesta. Digitaalisten mallien käyttö fyysisten laitteiden sijasta tehostaa, tekee turvalliseksi ja monipuolistaa opetusta. Teknologiaa voidaan hyödyntää myös teollisuudessa, jossa automaatiojärjestelmien ohjelmat voidaan suunnitella ja testata jo koneiden tai tuotantoprosessin 3D-mallien valmistuttua. Yhteistyö Siemens Osakeyhtiön, Beckhoff Oy:n ja Omron Oy:n kanssa käynnistyi.

Koneteollisuuden kilpailukyvyyn kehittäminen –hankkeessa saatiin haastattelututkimuksella hyvä käsitys yritysten tietojärjestelmien ja digitaalisuuden kehityksen nykytilasta ja haasteista. Hankkeessa toteutettiin laaja haastattelututkimus kahdeksassa eteläpohjalaisessa koneteollisuuden yrityksessä. Hanke toteutettiin yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston kone- ja tuotantotekniikan laitoksen kanssa ja haastattelut FIMECC:n MANU-ohjelmaan kuuluvan LeanMES-hankkeen kanssa (Järvenpää & Lanz 2014). Tutkimuksen tuloksista voidaan todeta mm., että tuotannonohjauksen haasteet valmistavassa teollisuudessa ovat kasvaneet, sillä toimitusajat ovat lyhentyneet ja eräkoot pienentyneet. Alihankintayrityksillä ongelmat liittyvät huonoon ennustettavuuteen. Vaikka päämies pystyisikin ennustamaan omaa tilauskantaansa, tieto ei liiku valmistusketjussa. Päämiesyrityksissä suurimmat haasteet liittyivät toimitusverkoston synkronointiin ja siihen, että osat ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Yllättävintä oli, että vain harva oli edes kuullut tuotannonohjausjärjestelmistä (MES) tai tuotannon suunnitteluun ja hienokuormitukseen tarkoitetuista järjestelmistä (APS). Hankkeen pitkän aikavälin tarkoituksena oli valmistella yritysten tarpeiden pohjalta alan Epanet-professori, mikä tavoite toteutui vuoden 2018 alusta.

3.2 TASO3: Systemaattinen kehitystoiminta

Aikaisempien projektien kokemukset ja erilaiset yritykselle suunnatut kyselyt olivat osoittaneet, että pk-yrityksillä oli parannettavaa mm. tiedon hyödyntämisessä ja tuotannonohjauksessa. Reaaliaikaista tietoa tuotannosta ei ole jalostettu riittävästi - ketteryys reagoida nopeasti muutoksiin puuttui. Liiketoimintamallin, eräkoon ja toimitusajan muuttuessa vaaditaan muutosnopeutta eli ketteryyttä.

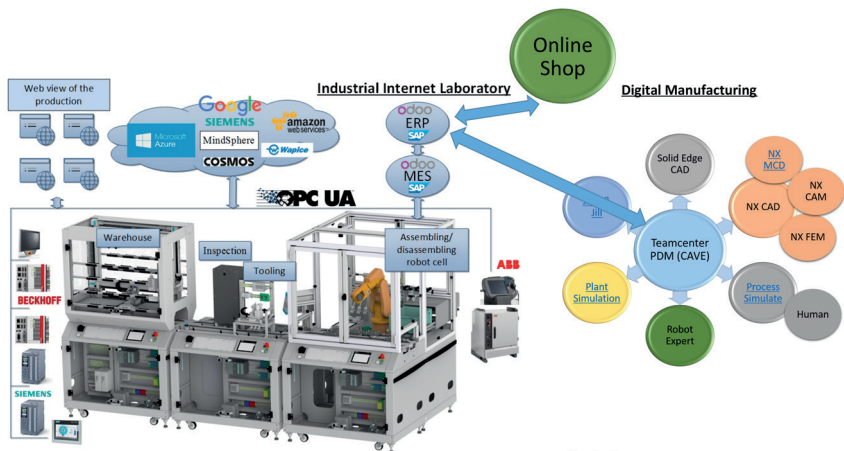
Ketterä teollisuus -hankkeen tavoitteita olivat:

- Ketterän toiminnan edellytysten selvittäminen yrityksille
- Digitalisaation ja teollisen internetin käsitteiden selvittäminen yrityksille siten, että yritykset näkevät mahdollisuuksia, eikä niinkään uhkia
- Kehityskohteiden löytäminen yrityksessä tasoittamaan tietä teollisen internetin käyttönotolle
- Hankevalmistelu kehityskohteiden ratkaisemiseksi ja kilpailukyvyyn parantamiseksi teollisen internetin avulla.

Hanke tavoitti aktivointitilaisuuksissa, työpajoissa, tutustumismatkoilla ja seminaareissa yli 100 yritystä ja satoja henkilöitä. Yritykset teettivät opiskelijaprojekteja ja opinnäytetöitä digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin aiheista. Samalla lisääntyi myös opetushenkilöstön osaaminen. Hankkeen rinnalla on käynnistynyt yritysten kehittämisprojekteja.

Teollisen internetin konkretisoimiseksi yrityksille ja opiskelijoille toteutettiin Tekniikan yksikköön teollisen internetin laboratorion investointi. Tibori ja Kyberihankkeissa hankittiin pienimuotoinen, jatkuvatoiminen 24/7 automaattinen tuotantojärjestelmä, joka sisältää valmistavassa teollisuudessa tyypillisiä toimintoja (Kuvio 3). Laitteiston toimitti Festo Oy. Ympäristön älyä on lisätty mm. toiminnanohjaus (ERP, Enterprise Resource Planning) ja tuotannonohjaus (MES, Manufacturing Execution System) -ohjelmistoilla. Kokonaisuutta täydentää SeAMK Digital Factoryn Siemens PLM -ohjelmistot, jotka ovat myös keskeisessä roolissa ympäristön tehokkaassa kehittämisessä. Antureilta kerättyä mittaustietoa voidaan tallentaa myös pilvipalveluun ja analysoida erilaisiin tarpeisiin (BigData).

Tibori-, Kyberi- ja Ketterä teollisuus -hankkeiden välillä on vahva synergia. Hankkeissa kehitettiin Digital Factory Akatemia -malli automaatio- ja konetekniikan insinöörikoulutukseen. Opiskelijoiden valittavana on Digitaalisen valmistuksen moduuli (12 op) tai teollisen internetin moduuli 12 op). Lisäksi akatemian opiskelija suorittaa työharjoittelun ja tekee opinnäytetyön aihepiiriin liittyen. Akatemian opinnoista annetaan erillinen todistus.



Kuvio 3. Teollisen internetin laboratorio.

3.3 TASO 4: Yhteistyön korostuminen

Digivaattori-hanke suunniteltiin täydentämään edellä esitettyä hankeperhettä yritysten henkilöstön koulutuksilla. Hankkeen alussa toteutettiin kyselytutkimus, jonka tulosten pohjalle rakennettiin koulutuksia. Perinteisiä koulutuksia tärkeämmiksi yrityksille osoittautuivat pilottiprojektit, joiden avulla kuvattiin erilaisia digivalmiuksien ja digi-toteutuksien yrityshankkeita siten, että tulokset kerrotaan kaikille avoimina mm. videoiden muodossa (Digivaattori 2017). Hankkeessa pyritään löytämään yrityksistä sellaisia prosesseja tai prosessin osia, joita digitalisoimalla

voidaan saavuttaa liiketoiminnan tehostumista ja esimerkiksi toimituslaadun paranemista. Valmistavalla pk-teollisuudella on niiden pienestä koosta johtuen rajalliset resurssit lähteä viemään yritystasolla tätä kehitystä eteenpäin ilman koulutustarjontaa ja asiantuntijoiden tukea.

IoT-oppimisverkosto -hankkeessa (IoTti) luodaan oppimisverkosto ja siihen sisältyvä uudenlainen tarvelähtöinen työelämäkoulutuksen malli, jossa hyödynnetään ammattikorkeakoulujen opintosuunnitelmien opintojaksoja. Pilottivaiheessa verkosto rakennetaan neljän ammattikorkeakoulun (TAMK, HAMK, OAMK ja SeAMK) väliseksi. Yritykset on otettu mukaan IoT-oppimisympäristöjen kehittämistyöhön ja työelämäkoulutusten valmisteluun. Yhteistyö korkeakoulujen kesken puolestaan varmistaa, että koulutettavat saavat mahdollisimman monialaista ja monitasoista koulutusta, sillä useiden eri asiantuntijoiden osaamiset täydentävät ja rikastuttavat koulutusten sisältöä. Kaikessa hankkeen toiminnassa hyödynnetään verkoston tarjoamaa laaja-alaista IoT-laitekantaa ja osaamista. Yhteistyöverkoston toimintamalli sekä tekninen järjestelmä suunnitellaan siten, että kaikki verkoston jäsenet voivat hyödyntää toistensa soveltuvia tutkinnon osia sekä todellisia sisältöjä, kuten IoT-dataa, teollisuuden monitorointimahdollisuuksia ja data-analytiikkaa.

EU:n Factories of the Future -aloitteessa halutaan varmistaa tutkimustulosten ja osaamisen laajamittainen leviäminen kaikille EU:n alueille pk-yritysten saataville. Tätä varten on perustettu uusiin teollisuuden kehittyneisiin valmistusmenetelmiin keskittyviä hubeja (Digital Innovation Hub, DIH). SeAMK sai kilpailusta Regional Manufacturing Digital Innovation Hubs -hausta rahoitusta IoT-Compass Hubin toimintasuunnitelman laatimiseen kesällä 2016. Kumppanina toimintasuunnitelman laatimisessa on TTY. Kaikkiaan 29 hakemusta eri puolilta Eurooppaa hyväksyttiin. Arviointipalautteessa yksi SeAMKin hakemuksen vahvuus oli yritysten sitoutuminen. Tiivis yhteistyö yritysten kanssa realisoitui tällä tavoin.

IoT-Compass Hubin valmistelua mentoroi Milano Polytechnic Horizon2020-hankkeen BelnCPPS alla. Lisäksi mentorointia oli tarjolla webinaareina. Mentoriverkostoon kuului 10 muuta kandidaattia eri puolilta Eurooppaa. Valmistelu toteutettiin sitouttamalla alueen muita toimijoita sekä selvittämällä yritysten yhteistyö- ja palvelutarpeita digitaaliseen valmistukseen ja teolliseen internetiin liittyen. Lopputuloksena syntyi IoT-Compass Hubin toimintasuunnitelma, mutta yhtä tärkeitä tuloksia olivat hubien välinen yhteistyöverkosto sekä pääsy EU:n julkaisemaan hubien katalogiin (European Commission 2017). IoT-Compass Hub oli käynnistyessään syksyllä 2017 ensimmäinen teolliseen valmistukseen liittyvä Digital Innovation Hub Suomessa.

Siemens on kutsunut SeAMK Tekniikan akateemiseksi partnerikseen ja julkaisut kuvauksen yhteistyöstä nettisivuillaan maailmanlaajuisesti (Siemens 2017). Tehdyn kehittämistyön ovat noteeranneet erilaiset raadit ja SeAMK Tekniikka on saanut seuraavat palkinnot TKI-kärjen kehittämistyöstä:

- Eläköön automaatio! -innovaatiopalkinto 2015
- Customer of the Year 2015, Ideal PLM
- Ammattikorkeakoulujen TKI-Kärjet -kilpailu vuonna 2016
- Nuorkauppakamarin Tuottava idea -kilpailu 2016, yhteiskunnallinen sarja.

3.4 TASO 5: Asiakaslähtöisyys

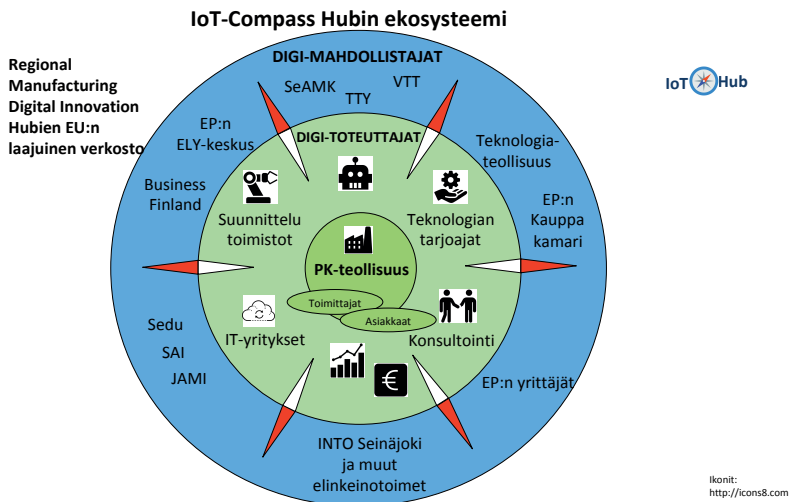
IoT-Compass Hubin startti -hankkeessa käynnistetään teollisen valmistuksen digitaalisen osaamiskeskittymän toiminta. Hankkeen sisältö perustuu kehittämistarpeisiin, joita yritykset nostivat esiin hubin valmistelun yhteydessä järjestetyissä työpajoissa ja on siten asiakaslähtöinen.

IoT-Compass Hubin startti -hankkeen tavoitteena on kehittää alueella ekosysteemiä (Kuvio 4), joka verkottaa pk-teollisuuden, IT- ja automaatioalan yritykset sekä konsultit ja teknologioita tarjoavat yritykset yhteistyöhön.

Tarkoituksena on, että digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin käyttöön-otto teollisuudessa tapahtuu yritysten välisenä B2B-toimintana. Korkeakoulun tehtävänä on ottaa haltuun uutta osaamista ja levittää sitä sekä järjestää mahdollisuuksia verkostoitumiseen ja välittää tietoa teollisuuden tarpeista.

Hankkeessa kehitetään myös Digital Factory Akatemia -toimintamallista yritysten tarpeisiin soveltuva konsepti. Yritysten henkilöstölle tarjotaan joustava malli opintosuunnitelmien mukaisten opintojaksojen suorittamiseen sekä työskentely- ja testausmahdollisuus teollisen internetin laboratoriossa heidän kehittäessään yrityksen ratkaisuja digitaaliseen valmistukseen ja teolliseen internetiin. SeAMKin ja TTY:n asiantuntijat myös mentoroivat yritysten kehittämisprojekteja alussa tehtävän digikyvykkyuden arvioinnin pohjalta.

Artikkelin kirjoitushetkellä ollaan tällä tasolla 5. Tavoitteena on vakiinnuttaa ekosysteemin toimivuus. Näin kehitetty osaaminen siirtyy teollisuuden tuotteisiin ja tuotantojärjestelmiin sekä liiketoimintaan.



Kuvio 4. IoT-Compass Hubin ekosysteemi.

3.5 TASO 6: Muutos on pysyvä tila

Digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin TKI-kärki vaatii jatkuvaa kehittämistä, osaamisen lisäämistä, uusien haarautuvien polkujen tunnistamista teknologioiden osalta sekä kotimaisten ja kansainvälisten verkostojen rakentamista.

Hallituksen kärkihanke "Automation in Network" sai huhtikuussa 2018 myönteisen päätöksen opetus- ja kulttuuriministeriöltä. Hankkeen tarkoituksena on uudistaa ja tehostaa automaatiotekniikan opetusta ja opiskelua ammattikorkeakouluissa. Hankkeessa tuotetaan interaktiivista oppimismateriaalia ja automaatioalan verkko-oppimisympäristöä. Lisäksi hankkeessa tuotetaan ammattikorkeakoulujen yhteinen verkkolaboratorio pilvipalveluna datan keräämiseen, analysointiin, visualisointiin ja tekoälyn hyödyntämiseen. SeAMK koordinoi hanketta ja mukana on 13 muuta ammattikorkeakoulua.

Keskeinen tuleva painopiste on kansainvälisen yhteistyön vahvistaminen. Kansainvälisiä verkostoja on syntynyt Digital Innovation Hubin myötä ja näiden verkostojen yhteistyönä syntyy kv-hankkeita. Pyyntöjä hankekonsortioihin liittymisestä tulee verkostosta. Interreg Europe -hanke "Digital tech SMEs at the service of Regional Smart Specialisation Strategies" (DEVISE) on käynnistymässä. Useita muita kv-hankehakemuksia on jätetty ja uusia on valmistelussa.

Teknologioiden osalta on jo käynnissä yhteistyö- ja mobiilirobotiikan osaamisen kehittäminen hankkeessa "Mixed reality and collaborative robotics". Hankkeeseen sisältyy myös liikuteltavaa virtuaalitekniikkaa ja lisätyn todellisuuden hyödyntämis-

tä teollisuudessa. Pohdinnassa on, mihin teknologioihin seuraavassa vaiheessa tulee keskittyä. Mahdollisuuksien listalla ovat mm. lisätty todellisuus, tekoäly, data-analytiikan osaaminen ja 5G-teknologian hyödyntäminen.

Elinikäisen oppimisen hankkeet tulevat lisääntymään. Työelämässä olevien täydennyskoulutukseen tulee kehittää uudenlaisia työn tekemiseen nivottuja tapoja ja teknologisia muutoksia tukevia sisältöjä teemalla Työ 4.0. Näissä tullaan hyödyntämään yhä enemmän tutkinto-ohjelmien opintojaksoja. Korkeakoulun tulee kyetä ennakoimaan teollisuuden tulevia tarpeita muutaman vuoden aikavälillä. Korkeakoulun ei saa kuitenkaan mennä liikaa edellä, vaan teollisuudella tulee olla vastaanottokykyä uusille teknologioille ja toimintatavoille.

4 TULOKSET PÄHKINÄNKUORESSA

TKI-kärjen kehittämistyö on toteutettu vaiheittain useiden eri hankkeiden kautta. Hankkeiden yhteenlasketut kokonaisbudjetit ovat 2,8 M€. Ensimmäisen hankkeen SeAMK Digital Factory käynnistyessä vuonna 2013 ei olisi osattu ennakoida seuraavia askeleita vuosien päähän. Uudet kehittämissvaiheet ovat syntyneet luonnollisesti hankkeiden toteuttamisen yhteydessä tapahtuneet oppimisen kautta.

Osaaminen on nostanut Seinäjoen ammattikorkeakoulun tekniikan yksikön yhdeksi alan kärkiosaajaksi suomalaisten korkeakoulujen joukossa. Henkilöstön innostus ja sitoutuminen ovat mahdollistaneet tulokset.

Hankkeisiin on osallistunut yli 100 eteläpohjalaista teknologiateollisuuden pk-yritystä, jotka ovat eri tavoin lisänneet osaamistaan digitaalisesta valmistuksesta ja teollisesta internetistä. Pk-teollisuuden yritykset ovat osallistuneet myös useiden hankkeiden rahoittamiseen. Kehittämistyössä on ollut tärkeä rooli yhteistyöllä keskeisten teknologiakumppaneiden kanssa (Siemens Osakeyhtiö, Ideal PLM, Beckhoff Automation Oy, Omron Oy ja Festo Oy), jotka ovat myös osarahoittaneet useita hankkeita. Merkittävää on ollut myös yhteistyö Tampereen teknillisen yliopiston kone- ja tuotantotekniikan laboratorion kanssa.

Teollisen internetin laboratorio, joka toimii pilotointi-, testaus- ja TKI-ympäristönä, on herättänyt runsaasti kiinnostusta yrityksissä. Se on konkretisoitunut, mitä teollinen internet tarkoittaa teollisuudessa. Tekniikan yksikköön on muodostunut hankkeiden myötä 15 asiantuntijan digi-osaajien ryhmä, joka on kehittänyt osaamistaan hankkeita toteuttamalla.

Automaatio- ja konetekniikan opintosuunnitelmiin on syntynyt uusia opintojaksoja ja Digital Factory Akatemia -konsepti. Opiskelijat ovat tehneet lukuisan määrän projektitöitä sekä opinnäytetöitä yrityksille digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin aiheista.

Valmistukseen keskittyvän alueellisen digitaalisen innovaatiokeskittymän IoT-Compass Hubin myötä on syntynyt kansainvälinen yhteistyöverkosto. Eurooppalaisia hankkeita on jo käynnistynyt ja uusia on valmisteltu. Tampereen teknillinen yliopiston digitaalisen valmistuksen EPANET-professori on aloittanut ja teemaan suuntautuva DI-muuntokoulutus on käynnistynyt vuoden 2018 alussa.

KIITOKSET

Artikkeli on valmisteltu osana Ketterä teollisuus -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Etelä-Pohjanmaan liittoa (EAKR). Etelä-Pohjanmaan liitto on toiminut myös seuraavien artikkelissa mainittujen hankkeiden päärahoittajana (EAKR): SeAMK Digital Factory, Hardsoft, Koneteollisuuden kilpailukyyn kehittäminen, Ketterä teollisuus, Tibori, Kyberi, IoT-Compass Hubin startti ja Mixed reality and collaborative robotics. Keski-Suomen ELY-keskus on päärahoittaja (ESR) Digivaattori -hankkeessa ja Pohjois-Suomen ELY-keskus (ESR) IoTi-hankkeessa. IoT-Compass Hubin valmistelu on rahoittanut EU:n I4MS-aloite. DEVISE-hanketta rahoitetaan Interreg Europe -ohjelmasta. Opetus- ja kulttuuriministeriön on myöntänyt kehittämisavustuksen Automation in Network -hankkeelle. Teknologiateollisuus ry, Etelä-Pohjanmaan korkeakoulusäätiö ja Seinäjoen kaupunki ovat tukeneet TTY:n kanssa yhteistyössä toteutettuja hankkeita. Yritykset ovat osallistuneet useiden hankkeiden rahoittamiseen. Esitämme lämpimät kiitokset kaikille rahoittajille.

LÄHTEET

Altimeter, a Prophet Company & Solis, B. The race against digital darwinism: Six stages of digital transformation. 2016. [Verkkosivusto]. Suomeksi modifioinut prof. Minna Lanz TTY. [Viitattu 25.3.2018]. Saatavana: <https://marketing.prophet.com/acton/media/33865/altimeter--the-six-stages-of-digital-transformation--2016>

Digivaattori – pilottimultimedia. 2017. [Video]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavana: <https://www.youtube.com/watch?v=QCZXUpX1cAI>

Dodd, J. 2015. The new reality - a study into digital transformation for the non-profit sector. [Verkkosivu]. Suomeksi modifioinut prof. Minna Lanz TTY. [Viitattu 25.3.2018]. Saatavana: <https://thenewreality.info>

European Commission. Smart Specialisation Platform. 2017. Digital Innovation Hubs Catalogue. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2018]. Saatavana: <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/digital-innovation-hubs-catalogue>

Järvenpää, E. & Lanz, M. 2014 LeanMES. Tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä - Nykytila, haasteet ja tarpeet. [Verkkójulkaisu]. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavana: <http://docplayer.fi/789306-Leanmes-tuotannonsuunnittelu-ja-ohjaus-suomalaisissa-valmistavan-teollisuuden-yrityksissa-nykytila-haasteet-ja-tarpeet.html>

Siemens. 2017. Case study. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.4.2018]. Saatavana: https://www.plm.automation.siemens.com/en/about_us/success/case_study.cfm?Component=257143&ComponentTemplate=1481



Digitaalisuus teollisuudessa

KETTERYYTTÄ PK-TEOLLISUUTEEN

*Hannu Reinilä, yliopettaja
SeAMK Tekniikka*

*Jyrki Latokartano, projektipäällikkö
TTY, Kone- ja tuotantotekniikka*

*Minna Lanz, TkT, apulaisprofessori
TTY, Kone- ja tuotantotekniikka*

*Kati Katajisto, tutkimus- ja kehittämisspällikkö
SeAMK Tekniikka*

1 TAUSTAA

Valmistava teollisuus elää tällä hetkellä historiansa suurinta muutoksen aikaa eli 4. teollista vallankumousta. Teollisuuden näkökulmasta vallankumouksen aiheuttavat digitalisaatio, teollinen internet, datan keräys ja sen analysointi. Business Finlandin digitalisaatiojohtaja Pekka Sivosen mukaan olemme nähneet digitaalisesta vallankumouksesta vasta neljäsosan eli internetin. Tulossa ovat vielä tekoäly, alustatalous ja lohkoketjut. Sivosen mukaan vuonna 2030 Suomen kansantaloudesta 30 prosenttia tulee alustataloudesta, tai vaihtoehtoisesti Suomen kansantalous on 30 prosenttia pienempi (Business Finland 2017).

Seinäjoen ammattikorkeakoulun (SeAMK) ja Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) toteuttaman Ketterä teollisuus -hankkeen (2015-2018) tarve perustuu edellä mainittuihin kehitysnäkymiin. SeAMK Digital Factory- (SeAMK 2013-2015) ja KOKIKE-hankkeet (SeAMK, TTY, Etelä-Pohjanmaan korkeakoulu yhdistys, 2013-2015) antoivat signaalin digitalisaation tilasta Etelä-Pohjanmaalla: valmistava pk-teollisuus oli jäämässä jälkeen kehityksestä tai se ei ollut alkanut vielä ollenkaan. Valmistavassa pk-teollisuudessa oli aloitettava välittömästi kehitystyö digitalisaation ja teollisen internetin hyödyntämiseksi.

KOKIKE ja LeanMES -hankkeiden mittavissa haastatteluissa todettiin parannettavaa mm. tiedon hyödyntämisessä ja tuotannonohjauksessa. Niitä ei ole kehitetty riittävästi, vaikka toimintaympäristö on muuttunut merkittävästi. Ketteryys reagoida nopeasti muuttuviin asiakastarpeisiin tai toimitusverkkoihin puuttuu.

Tuotannossa tarvitaan kehittynyttä teollisuusautomaatiota. Yrityksen toiminnan-ohjausjärjestelmä (ERP) ja tuotteen elinkaaren hallinta (PLM) ja ovat usein yrityksen ketteryyden ja laadunvarmistuksen edellytyksiä. (Järvenpää & Lanz 2014.)

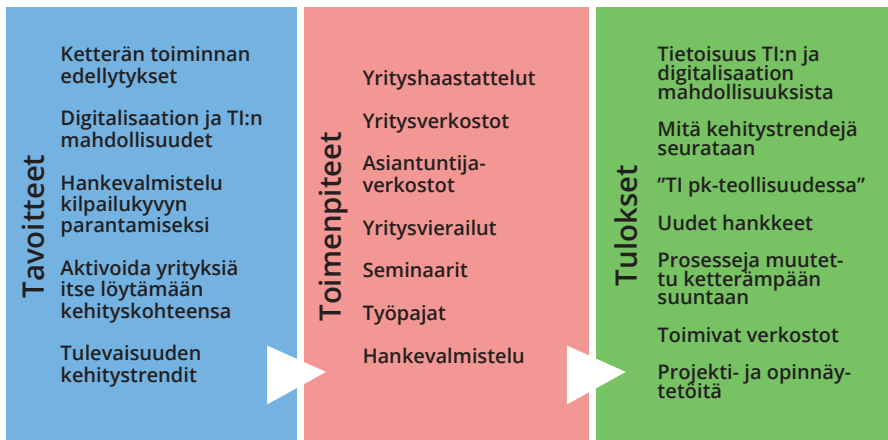
Valmistavan teollisuuden digitaalisen muutoksen top 5 trendiä ovat (Newman, 2017)

- **IoT ja teollisuus 4.0**
- **tekoäly ja koneoppiminen**
- **robotiikka**
- **nopeuden ja tehokkuuden nostaminen**
- **data ja sen analysointi**

Teollisuudella, kaupalla ja julkisella sektorilla on potentiaalia miljardiluokan uuteen liiketoimintaan myös Suomessa (Ailisto ym. 2015, 20). Teollisuudessa muutoksen laajuutta kuvaa se, että Saksassa valtion tukemaa kehitystä kutsutaan 4. teolliseksi vallankumoukseksi eli Industrie 4.0. Riippuen painotuksista Industrie 4.0:sta käytetään maailmalla muitakin samaa kehitystä kuvaavia ilmaisuja kuten teollinen internet (Industrial Internet) ja esineiden internet (Internet of Things, IoT). Kaikki nämä tavoittelevat mm. tuotekirjon ja tuotantokapasiteetin joustavuutta asiakkaiden vaatiessa yksilöllisiä tuotteita nopeammalla toimitusajalla. Digitalisaation yhtenä tavoitetilana voidaan pitää ketteryyttä.

2 HANKKEEN TAVOITTEET, TOIMENPITEET JA TULOKSET

Ketterä teollisuus -hanke toteutti "Etelä-Pohjanmaan älykkään erikoistumisen strategiaa" (Etelä-Pohjanmaan liitto 2014). Strategian yksi painoaloista on Etelä-Pohjanmaan korkeakoulukonsortion "Älykkäät ja energiatehokkaat järjestelmät", jonka tutkimusta Ketterä teollisuus -hanke toteuttaa. Hanke on aktivointihanke, joka edistää valmistavan pk-teollisuuden yrityksiä hyödyntämään digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksia. Hankkeen tavoitteet, toimenpiteet ja tavoitellut tulokset on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Ketterä teollisuus -hankkeen tavoitteet, toimenpiteet ja tulokset (kuvio: Hannu Reinilä 2015).

Tavoitteisiin pääsemiseksi hankkeessa toteutettiin toimenpiteitä, joiden tarkoituksena oli käynnistää eteläpohjalaisissa yrityksissä positiivinen kierre kohti ketterämpää ja kilpailukykyisempää tulevaisuutta. Käytännössä tämä tarkoitti yritysten aktivoimista miettimään digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksia. Haastatteluilla selvitettiin yrityksen tila ja halu ottaa vastaan uutta teknologiaa ja luoda asiantuntija- ja yritysverkostoja kehitystyön tueksi. Edellä mainitut toimenpiteet edesauttavat yritysten kasvua ja kehitystä.

Toteutetuilla toimenpiteillä tavoiteltiin hankkeen aikaisia tuloksia (Kuvio 1). Tärkeimpinä tuloksina jatkuvuuden ja kehityksen kannalta voidaan pitää muutoksen aikaansaamista yrityksissä ja digitalisaation oppaan julkaisemista. Kun yritykset käynnistävät kehitystyön osallistumalla tutkimusorganisaatioiden vetämiin jatko-hankkeisiin, voidaan todeta positiivisen kierteen käynnistyneen.

3 TYÖPAKETIT

Hankkeen toimenpiteet jäsenneltiin 4 selkeään työpakettiin. Kussakin työpaketissa oli hankkeen tavoitteiden toteutumiseen tähtäviä toimenpiteitä. Työpakettien avulla hankkeen aika- ja rahoitusresurssia voitiin seurata kustannustehokkaasti. Työpaketit on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. Hankkeen työpaketit toimenpiteineen (taulukko: Hannu Reinilä 2018).

Työpaketti 1: Teollisuusyhteistyö
<ul style="list-style-type: none">-Yrityshaastatteluissa haastatellaan 8 yrityksen keskeiset henkilöt-Toteutetaan työkalupakki haastatteluja varten-Laaditaan yritysکوhtainen yhteenvetoraportti-Järjestetään yrityksille työpajoja ja seminaareja-Valmistellaan kansallisia ja kansainvälisiä hankkeita-Tehdään projekti- ja opinnäytetöitä
Työpaketti 2: Asiantuntija- ja yritysverkostot
<ul style="list-style-type: none">-Muodostetaan asiantuntijaverkosto (tutkimusorganisaatiot, laitevalmistajat, palvelun tarjoajat, teollista internetiä hyödyntävät yritykset), jonka osaamista käytetään seminaarien ja työpajojen toteutuksessa-Muodostetaan yrityksistä Ketterä teollisuus yritysverkosto, joka toimii aktiivisesti hankkeen ajan osallistumalla seminaareihin, työpajoihin ja jakamalla kokemuksia omasta toiminnastaan
Työpaketti 3: Opas ”Kohti teollista internetiä pk-teollisuudessa”
<ul style="list-style-type: none">-Haastattelujen työkalupakki jalostetaan käytettäväksi myös hankkeen jälkeen-Työkalupakin kysymykset liittyvät digitalisaation osa-alueisiin kuten sensorit, tietoturva, analytiikka, käyttöliittymät, automaatio, toimitusverkosto jne-Laaditaan sähköinen opas pk-teollisuudelle
Työpaketti 4: Viestintä, raportointi, hankkeen johto ja hallinto
<ul style="list-style-type: none">-Laaditaan tiedotussuunnitelma ja esite-Artikkeleita ammattilehtiin-Hankkeen johtaminen, hallinto, talous ja raportointi

4 HAASTATTELUN TOTEUTUS

Hankkeessa toteutettiin haastattelututkimus, jonka avulla kartoitettiin aihepiirin tunnettavuutta eteläpohjalaisissa yrityksissä ja kiinnostusta digitalisaation ja uusien IoT-tekniikoiden hyödyntämiseen. Yrityksissä toteutettuun henkilökohtaiseen haastattelututkimukseen osallistui 8 yrityksestä yhteensä 24 henkilöä. Haastattelun kattavuutta parannettiin valitsemalla haastateltavat seuraavista henkilöstöryhmistä: yrityksen tuotannonjohto, työnjohto, tuotannon työntekijät, tuotekehitys, tietohallinto ja markkinointi. Kustakin yrityksestä haastateltiin kolme henkilöä.

Haastattelujen tuloksia laajennettiin henkilökohtaisiin vastauksiin perustuvalla nettikyselyllä, jonka pystyi halutessaan täyttämään anonyymisti. Tutkimukseen osallistui yhteensä 31 vastaajaa pääasiassa konepajateollisuudesta. Mukana oli myös elintarvike- ja automaatioteollisuuden itsensä luokitelleita yrityksiä.

Hankkeessa kehitettiin työkalupakki (excel- ja web-pohjainen kysymyskaavake) haastattelujen toteuttamiseksi ja vertailukelpoisten tulosten saamiseksi. Kysymyksiä oli kymmeniä erilaisia. Kullekin haastateltavalle valittiin relevantit kysymykset. Kysymykset käsittelivät mm. seuraavia aiheita: sensorit, tietoturva, analytiikka, käyttöliittymät, automaatio, toimitusverkosto jne.

Kysymykset jaoteltiin hieman eri tavalla riippuen siitä, halusiko yritys soveltaa digitalisaatiota omissa valmistamissaan tuotteissa vai omissa tuotannossaan. Yritykset saivat itse päättää, kumpaan kehityskohteeseen he halusivat kysymykset kohdentaa.

5 HAASTATTELUN TULOKSET

Kyselyn yhteenvedona on vastausten perusteella ehdotettu kehitystoimenpiteitä. Kehitystoimenpiteiksi on ehdotettu aiheita, jotka koskettavat useampaa kyselyyn vastannutta yritystä. Vastausten perusteella suurin tarve tuelle olisi valtaosassa yrityksiä perusasioiden esittely ja käytettyihin menetelmiin ja teknologioihin tutustuminen. Kiinnostus aihepiiriin on kovaa, mutta monenkaan yrityksen teknologinen valmius tai prosessit eivät vielä ole aihepiirin edellyttämällä tasolla. Yrityskohtaisiin kehitysehdotuksiin ja kehittämistarpeisiin paneuduttiin erillisissä haastatelluille yrityksille toimitetuissa luottamuksellisissa raporteissa.

5.1 Digitalisaation hyödyntäminen omissa tuotteissa

Vastaajista 21/31 vastasi kyselyyn omien tuotteiden parantamisen kannalta ja loput yrityksen oman tuotannon kehittämisen kannalta. Vastauksia on tässä koosteessa käsitelty yhtenä joukkona siltä osin, kun vastaukset ovat yleistettävissä molempiin näkökulmiin.

Suurin osa vastanneista yrityksistä valmistaa omia tuotteitaan, joten mahdollisuudet niiden kehittämiseen ovat hyvät suunnittelun ja valmistuksen ollessa yritysten omassa päätäntävällässä. Myös tuotteiden automaatiotaso on verrattain korkea, joten edellytykset digitalisaation hyödyntämiseen ovat ehdottomasti olemassa. Yli kolmannes vastaajista edustaa yritysten ylintä johtoa, joten vastausten voisi olettaa edustavan hyvin yritysten tahtotilaa asian suhteen.

Tuotteisiin ei yleensä sisälly mitään palveluita huoltoa ja kunnossapitoa lukuun ottamatta. Valmistettavia laitteita käytetään suurilta osin älykkäiden käyttöliittymien tai visuaalisten mittareiden ja ohjauspaneelien avulla. Samoja käyttöliittymiä käytetään myös laitteiden toiminnan ja tehokkuuden seurantaan, joka tapahtuu siis pääasiassa manuaalisesti käyttäjän toimesta. Kyseisten toimintaa ja tehokkuutta kuvaavien tietojen saaminen voitaisiin lähes kaikkien vastaajien mukaan kuitenkin myös automatisoida, mutta tätä ei käytännössä ole toteutettu lainkaan. Kerättävästä tiedosta olisi kuitenkin vastausten mukaan hyötyä sekä asiakkaalle että valmistajalle.

Kehityskohde 1

Tuotteiden toiminnan automaattinen seuranta ja raportointi asiakkaalle

Laitteiden kunnonseuranta perustuu pääasiassa visuaalisiin tarkastuksiin, käytötunteihin tai reaktiiviseen toimintaan hälytysten tai toimintahäiriöiden perusteella. Vastaajien mukaan asiakkaiden toiveissa olisi kuitenkin seurata laitteiden kuntoa automaattisesti, jolloin huoltotoimenpiteet voitaisiin toteuttaa palveluna, joka perustuisi laitteista mitattuun tarpeeseen kalenterin tai käyttötuntien sijaan. Tuotteissa käytetyt ohjausjärjestelmät tukevat vastaajien mukaan digitalisaation hyödyntämistä, joten tekniset edellytykset laitteiden kunnonvalvontaan ovat olemassa. Dataa ei kuitenkaan suurissa määrin siirretä koneista eteenpäin, joten erilaiset analyysit edellyttävät huoltomiehen käyntiä asiakkaan tiloissa.

Digitalisaation mahdollistamia tekniikoita haluttaisiin hyödyntää yritysten valmistamisessa tuotteissa erityisesti etäseurannassa ja laitteiden hallinnassa. Aiheesta on tehty jo suunnitelmia osassa yrityksistä, mutta myös täysin alkuvaiheessa olevia yrityksiä oli kyselyssä mukana. Ohjelmistopäivitykset ja laitteiden etäseuranta ovat suurimmat mielenkiinnon kohteet. Hyödyntämistapojen kiinnostavimmaksi kohteeksi nousi tuotteen kuntoon perustuva huolto.

Täydellinen etäkäyttö kiinnostaa jonkin verran, mutta useampien vastaajien mukaan sitä ei todennäköisesti hyväksyttäisi asiakkaiden suunnalta. Laitteista haluttaisiin kerätä sekä mittausdataa että valmiiksi laadittuja raportteja. Kerättävän datan mieluisin esittämismuoto vaihteli huomattavasti yritysten ja tuotteiden välillä. Alla olevassa listassa esimerkkejä toiveista kerättävästä datasta:

- vertailudataa kunnossa olevaan laitteeseen verrattuna
- raportti syistä (viasta), jos tuotantolinjalla ei saavuteta tarvittavaa kapasiteettia
- laitteiden lämpötila- ja/tai painetieto ovat oleellista tietoa
- käytettävyyteen liittyvää tietoa
- tuotantomääriä, dimensiotietoja
- todellista tietoa, miten koneita on ajettu
- laitteesta historiatietoa raakadatana prosessista
- teho, paine, lämpötila, hapen määrä.

Kehityskohde 2 Tuotteiden etävalvonta, -monitorointi ja pilvipalveluiden hyödyntäminen

Valmiiksi muokatun datan ohella myös erilaisten fyysikaalisten suureiden mittaus kiinnostaa. Selkeäksi ykköseksi yksittäisen suureena tai teknisenä ratkaisuna nousi tärinän mittaaminen. Aihe kiinnostaa omien tuotteiden lisäksi myös oman tuotannon kannalta katsottuna. Tärinän valvonnan avulla voitaisiin tehokkaasti ennakoida koneiden rikkoutumista ja huoltotarvetta. Yli puolet vastaajista koki tärinän mittaamisen joko kiinnostavaksi tai erittäin kiinnostavaksi.

Kehityskohde 3 Fysikaalisten suureiden mittaus ja trendiseuranta, pääsuurena tärinä

5.2 Digitalisaation hyödyntäminen omassa tuotannossa

Oman tuotannon ohjaukseen käytetään kyselyyn osallistuneiden 10 vastaaja mukaan hyvin monenlaisia ohjelmistoja. Pääosalla vastaajista oli käytössä toiminnan ja tuotannon ohjaustyökalut ja puolella myös karkea ja hienokuormitus. Tehtäviin käytettiin osin räätälöityjä ohjelmistoja, mutta myös excel-pohjaiset ratkaisut olivat yleisiä. Muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta tuotannon ja toiminnan ohjaus oli hyvin vaihtelevan tasoista. Laajamittaiseen digitalisaation hyödyntämiseen siirtymiseen edellyttävää tasoa ei oikein tuntunut olevan. Järjestelmien kirjavuus ja useiden eri ohjelmistojen käytön vuoksi toiminta on hyvin kirjavaa jopa yritysten sisällä. Selkeitä kehystoimenpiteitä voisivat olla toiminnan järjestelmällisyyden ja kattavuuden parantaminen sekä vakioitujen toimintamallien käyttöönotto.

KPI-mittareita ei juurikaan käytetä tuotanto- ja toimitusvarmuutta lukuun ottamatta. Mittareiden luvut saadaan manuaalisen seurannan perusteella, mutta niitä hyödynnetään vain puolessa vastanneista yrityksistä. Mittareissa koetaan olevan jonkin verran puutteita ja vastaajat kokivat useiden tärkeiden asioiden jäävän kokonaan mittaamatta. Tuotantotarvetta ennustetaan historiatiedon ja myynnin perusteella.

Tuotantotoiminnan ohjauksessa on edelleen erittäin monia manuaalisia vaiheita. Yhtä lukuun ottamatta kaikki vastaajat kokevat toiminnan ohjausprosessia olevan jonkin verran tai paljon haasteita. Toki haasteensa tähän aiheuttaa vastaajien tuotannon kohtuullisen laajamittainen manuaalisuus. Erityisesti päivittäinen lattia-tason koneiden ja tuotannon ohjaus on pääasiassa manuaalista, mikä selittänee osittain tuotannossa tapahtuvien yllättävien muutosten määrän. Tuotantojärjestelmän kapasiteetti, toimintakunto ja kuormitus tiedetään kuitenkin vastausten perusteella hyvin, vaikka automaattisesti tietoa ei kerätäkään. Samanaikaisesti seurannassa koetaan kuitenkin olevan myös melko tai erittäin paljon puutteita. Puutteet liittyvät lähinnä seurannan tarkkuuteen ja sen viiveisiin. Suurin osa vastaajista haluaisi tuotannon seurannan olevan automaattista ja reaaliaikaista. Vastaajista 70%:n tuotannossa on yllättäviä päivittäisiä muutoksia. Muutokset hallitaan vastanneissa yrityksissä manuaalisesti. Yllättäviä muutoksia esiintyy keskimäärin päivittäin ja niiden käsittelyyn kuluu vuositasolla keskimäärin 21 työpäivää!

Koneiden ja laitteiden kunnonseurannan tulisi myös olla automaattista ja ennakkoivaa. Käytännössä kunnossapito on kuitenkin käyttötunteihin perustuvaa tai reaktiivista. Koneet korjataan, kun ne hajoavat. Vuosiseisakit toki ovat käytössä osassa yrityksiä.

Kehityskohde 4

Yritysesimerkit esim. LEAN-menetelmien hyödyntämisestä ja käyttöönotosta

Tuotteitten ja tuotevirtojen seuraaminen ei ole juurikaan käytössä, vaikka alihankintaa käytetään myös kriittisissä tuotantovaiheissa yli puolessa vastanneista yrityksistä. Yrityksen sisäisessä logistiikassa noin puolet vastaajista käyttää viivakoodia, mutta muita teknisiä apuvälineitä seurannassa ei juurikaan käytetä. Tuotteiden seuranta oman tuotannon jälkeen on käytössä harvoin. Mikäli seuranta on käytössä, on se manuaalista, eikä siirry automaattisesti yrityksen eri järjestelmien välillä. Raaka-aineiden ja tuotteiden seurannassa koetaan olevan jonkin verran tai paljon puutteita, joten erilaisten seurantamenetelmien käyttöönotolle saattaisi olla tarvetta. Modernien menetelmien hyödyntämiseen olisi myös kiinnostusta vastaajien parissa ja jonkinasteisia suunnitelmiakin on tehty. Kiinnostavia seuranta- ja mittauskohteita ovat esim. seuraavat:

- automaattilinjojen reaaliaikainen toiminnan seuraus
- koneiden käyttöaste
- tuotevirtauksen seuranta
- toimitettujen laitteiden osakokoonpanojen sisältö olisi hyvä tuntea
- osien varastopaikat pitäisi olla tiedossa
- osien materiaalierä pitäisi pystyä määrittelemään.

Vastanneiden yritysten osto ja myynti kommunikoivat asiakkaiden kanssa pääasiassa sähköpostin välityksellä. Yhteydenpidossa on jonkin verran automatisointia osassa yrityksissä, mutta yhteisten tietokantojen tai tietojärjestelmien käyttö ei ole kovinkaan yleistä. Osa alihankkijoista pääsee päämiehiensä järjestelmiin rajoitetusti. Toimitusketjun tiedonsiirrossa koetaan olevan jonkin verran haasteita, jotka liittyvät pääasiassa valmistustietojen siirtoon ja esim. suurien CAD-kuvien lähettämiseen.

Yritysten asiakkaat eivät juurikaan saa reaaliaikaista tietoa tilauksen edistymisestä, mutta tiedolle ei juurikaan koeta oleva tarvettakaan. Asiakas voisi tarvittaessa saada tiedon myös automaattisesti, mutta tiedosta ei koeta olevan kovinkaan paljon hyötyä. Pääasiassa nämä näkemykset johtunevat yritysten suurista ja kohtuullisen pitkistä toimituksista.

Yleisesti ottaen kiinnostus digitalisaatioon ja IoT-tekniikoiden hyödyntämiseen yritysten omassa tuotannossa kiinnostaa vastaajia paljon tai erittäin paljon. Kiin-

nostavimpia sovelluskohteita olisivat tuotantolaitteiden etäseuranta ja -hallinta, laitteiden kuntoon perustuva huolto ja laitteiden tai niiden osien jäljittäminen. Aiheesta on tehty suunnitelmia, mutta osa vastaajista on vasta kehitystyön alkutai-paleella. Tarpeet aihepiiristä yhtenevät muiden vastaajien kanssa, joten aiemmin mainittu kehityskohde 2 voidaan laajentaa koko vastaajajoukkoon.

5.3 Yhteenveto

Hankkeen aihepiiriin kuuluvista asioista on keskustelu käytännössä kaikissa kyselyyn vastanneissa yrityksissä. Osassa yrityksiä keskustelut ovat edenneet jo pitkälle, mutta osa yrityksistä vasta aloittelee. Kiinnostus on kaikilla kuitenkin melko suurta ja tiedonjano aiheesta kovaa. Keskustelujen perusteella tietotaso aiheesta vaihtelee erittäin paljon ja aihepiirin ympärillä oleva hype sekoittaa ajatuksia. Tarvetta uudistumiselle koetaan olevan, mutta vastaajilla ei ole oikein tietoa, mistä pitäisi aloittaa ja mikä omalle yritykselle sopisi. Aihepiirin perusasi-oista tiedottaminen ja mahdollisuuksien konkretisoiminen lieneekin hankkeen yksi olennaisimmista tehtävistä.

Kehityskohde 5
Digitalisaation ja teollisen internetin mahdollisuuksien
selkokielineen esittely

6 DIGI-OPAS PK-YRITYKSILLE

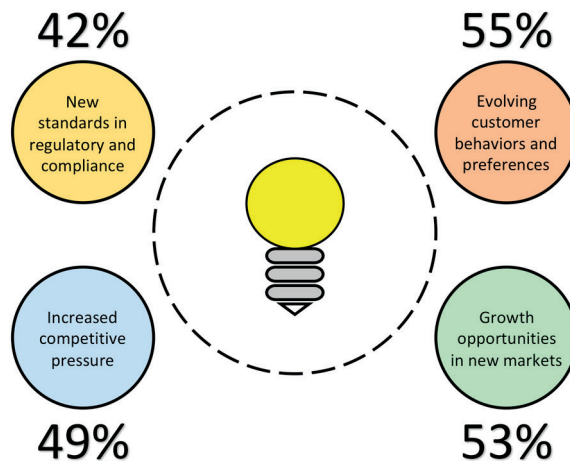
Haastattelujen yhteydessä kävi hyvin nopeasti selväksi, että digitalisaatioon ja teolliseen internetiin liittyvät käsitteet ja muutostarpeet kaipasivat selventämistä ja info-paketin tekemistä. Usein digitalisaatio miellettiin isojen yritysten asiaksi. Siksi pk-yritykset eivät olleet niin aktiivisesti asiaan perehtyneet. Toki osassa pk-yrityksissä oli asiaan havahduttu ja toimenpiteisiin ryhdytty. Digitalisaation kehitysprosessi ja käyttöönotto jollakin tasolla on välttämätön pakko kaikilla yri-tyksillä koosta riippumatta. Info-paketista käytettiin hankkeen aikana useampia nimityksiä. Nimi on nyt jalostunut nimeksi ”DIGI-opas pk-yrityksille”.

6.1 Digitaalisen muutoksen ajureita

Teollinen toimintaympäristö muuttuu ympärillämme tällä hetkellä nopeammin kuin ehkä koskaan maailmanhistorian aikana. Tämä muutos tapahtuu riippumatta

siitä, halutaanko sitä vai ei. Siksi muutokselta ei voi ummistaa silmiään. Läheltä muutoksen havainnointi on vaikeaa. On otettava etäisyyttä arkipäivän rutiineista nähdäkseen ison kuvan, miksi pitäisi muuttua. Usean muutosajurin yhteisvaikutus saattaa toimialakohtaisesti aiheuttaa erittäin nopeita muutoksia alan toimintaan. Digitaalisen muutoksen ajureita on havainnollistettu kuviossa 2.

Muutosajureita ovat standardien, lainsäädännön, liiketoiminnan kasvumahdollisuuksien, kilpailutilanteen ja asiakastarpeiden muuttuminen (Afshar 2017).

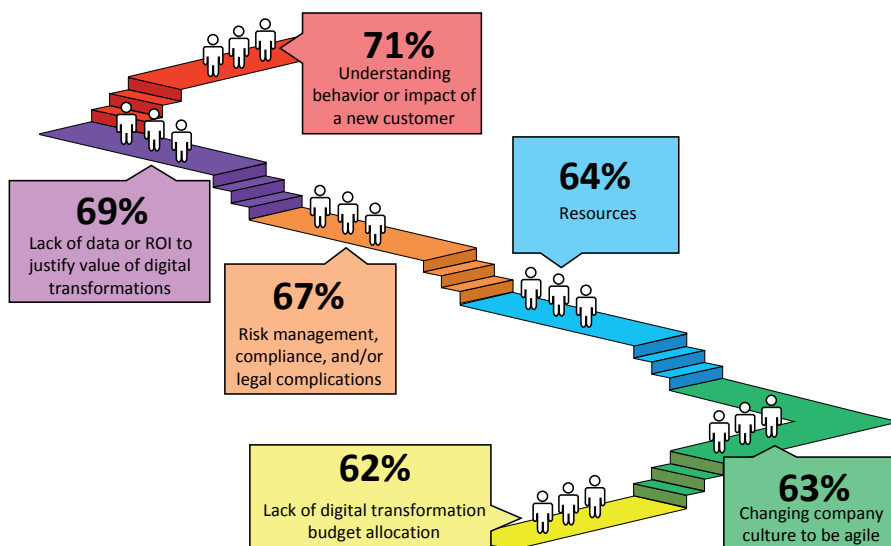


Kuvio 2. Digitaalisen muutoksen ajureita (Afshar 2017, kuvio: Hannu Hakalahti 2018).

6.2 Digitaalisen muutoksen haasteita

Muutoksen havaitsemiseen pitäisi olla käytössä tarkoitukseen sopiva mittari. On vaikea mittaroida mittaamattomia asioita. Siten mittareiden määrittäminen ja tuominen ymmärrettävään muotoon on välttämättömyys. Selkeät ymmärrettävät mittarit motivoivat henkilökuntaa muutostalkoisiin. Pitkän ajan keskiarvoja voidaan käyttää vertailuun, mutta toiminnan kehittämiseen ja asian (syy-seuraussuhteiden) ymmärtämiseen ne eivät käy.

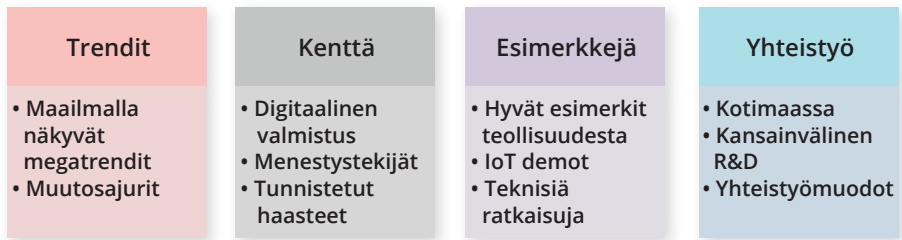
Digitaalisen muutosprosessin haasteet ovat asiakaskäyttämisen ymmärtäminen, henkiset resurssit, yrityskulttuurin ketteröittäminen, muutosprosessin budjetoimattomuus, riskienhallinta ja mittareiden puute (Afshar 2017).



Kuvio 3. Digitaalisen muutoksen haasteita (Afshar 2017, kuvio: Hannu Hakalahti 2018).

6.3 DIGI-oppaan sisältö

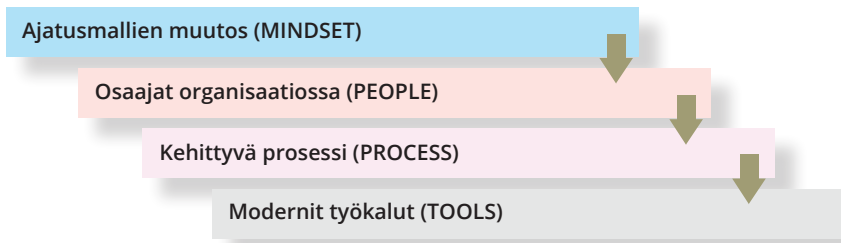
Tätä artikkelia kirjoitettaessa DIGI-opas ei ole vielä julkaistavissa. DIGI-opas valmistuu ja julkaistaan kevään 2018 aikana. Opas taustoittaa digitaalisen muutoksen tarpeellisuutta valaisemalla maailmalla meneillään olevia megatrendejä. Yritykset voivat tunnistaa oppaasta oman sijaintinsa monivaiheisessa muutosprosessissa. Muutosprosessi etenee organisaatioissa vaiheittain, joten yritykselle on hyödyllistä tietää, missä vaiheessa prosessia ollaan ja mitä on vielä odotettavissa.



Kuvio 4. DIGI-oppaan keskeiset sisällöt (kuvio: Hannu Reinilä 2018).

Oppaassa muutosprosessi on jaettu neljään eri vaiheeseen: ajatusmallien muutos, osaajat organisaatiossa, kehittyvä prosessi ja modernit työkalut (Dodd 2015).

Kukin neljästä vaiheesta on jaettu viiteen osavaiheeseen, joten kokonaisuudessaan muutosprosessissa on 20 eri osavaihetta. Jokaisessa osavaiheessa annetaan hyviä käytännön ohjeita, miten olisi viisasta toimia prosessien etenemiseksi realistisesti.



Kuvio 5. Digitaalisen muutosprosessin vaiheet (Dodd 2015, kuvio: Hannu Reinilä 2018).

Teollisuuden tehdyt hyvät esimerkit ovat valaisevia. Niitä voidaan päivittää jatkuvasti oppaaseen kehitysprosessien päätyttyä. Lisäksi oppaassa on kerrottu SeAMK Tekniikan teollisen internetin laboratorioon tehdyistä demoista. Niissä pääpaino oli tuotantojärjestelmästä kerätyn datan visualisoinnissa parilla eri pilvipalvelun toteutuksella.

SeAMK Tekniikka ja TTY tekevät jatkuvasti monipuolista yhteistyötä keskenään sekä yritysten kanssa. Oppaassa on kerrottu eri yhteistyön muodoista, joita voivat olla esimerkiksi opiskelijoiden tekeminä seuraavat: erityistyö teollisuuteen (TTY), Digital Factory Akatemia (SeAMK), SeAMK Projektipaja@ (SeAMK), kandidaatin työ (TTY), opinnäytetyö (SeAMK), diplomityö (TTY), teollisuuden tohtorikoulu (TTY).

7 LOPUKSI

Ketterä teollisuus -hanke oli aktivointihanke, jonka tavoitteena oli edistää valmistavan pk-teollisuuden digitalisaation ja teollisen internetin hyödyntämistä. Monipuolisilla ja -tasoisilla toimenpiteillä käynnistettiin eteläpohjalaisissa yrityksissä positiivinen kierre kohti ketterämpää ja kilpailukykyisempää tulevaisuutta. Haastatteluilla saatiin selville, että yrityksillä on halu lähteä digitalisoimaan toimintaansa toimintaympäristön muuttuessa nopeasti. Haasteita (kuvio 3) kuitenkin on monia. Siitä huolimatta hanke on aktivoinut yrityksiä osallistumaan seminaareihin, työpajoihin, yrityksen omiin kehityshankkeisiin jne. Hankkeen omia seminaareja on ollut 4 kpl ja työpajoja 12 kpl. Hanketta on esitelty vierailijoille 47 kertaa ja muissa seminaareissa ja työpajoissa 23 kertaa.

Hanke on synnyttänyt alueellisen digitalisaatiosta ja teollisesta internetistä kiinnostuneiden yritysten verkoston, joka haluaa kehittää toimintaansa esimerkiksi jatkohankkeiden muodossa. Tämä ns. teknologiaryhmä kokoontuu 2-3 kertaa vuodessa digitalisaation teeman ympärille. Yrityksiä ryhmässä on yli 10 kpl. Osa yrityksistä on käynnistänyt tai käynnistämässä kehitystoimet seuraavista aiheista: ERP, PDM, tuotannon optimointi, robotiikka, uusi liiketoiminta, digitaalinen markkinointi, dokumenttien hallinta, projektien hallinta ja prosessien digitalisointi.

Toteutetuilla toimenpiteillä tavoiteltiin hankkeen aikaisia tuloksia. Tärkeimpinä tuloksina jatkuvuuden ja kehityksen kannalta voidaan pitää muutoksen aikaansaamista yrityksissä ja digitalisaation oppaan julkaisemista. Kun yritykset käynnistävät kehitystyön osallistumalla tutkimusorganisaatioiden vetämiin jatkohankkeisiin, voidaan todeta positiivisen kierteen käynnistyneen.

Viidessä vuodessa tietoisuus ja osaaminen digitaalisesta valmistuksesta ja teollisesta internetistä on Etelä-Pohjanmaan valmistavassa teollisuudessa kasvanut merkittävästi. Pk-teollisuus on ilahduttavasti lähtenyt suunnittelemaan ja kehittämään omaa tuotantoaan ja/tai omia tuotteita digitaalista tulevaisuutta hyödyntäväksi. Mutta matkaa on vielä runsaasti jäljellä, koska yritykset lähtevät kehitystyössään niin monelta eri tasolta. SeAMK ja TTY ovat jatkossakin yritysten kanssa yhdessä tekemässä parempaa ja kilpailukykyisempää tulevaisuutta. Ja toisaalta digitalisaatio ei ole matka, jolla on päätepisteensä, vaan pikemminkin jatkuvasti muuttuva prosessi. Jatkuvasti muuttuvassa prosessissa mikään yritys ei pärjää yksinään, vaan on luotettava ekosysteemien resursseihin.

Artikkeli on valmisteltu osana Ketterä teollisuus –hanketta, ja haluamme kiittää lämpimästi hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta seuraavia organisaatioita:
Beckhoff Automation Oy
Etelä-Pohjanmaan korkeakoulusäätiö
Etelä-Pohjanmaan liitto
Ideal Product Data Oy
Omron Electronics Oy
SeAMK
Seinäjoen kaupunki
Siemens Osakeyhtiö
Teknologiateollisuus ry
TTY Kone- ja tuotantotekniikan laitos

LÄHTEET

Afshar, V. Päivitetty 6.12.2017. 2016 State of digital transformation. [Blogikirjoitus]. The Huffington Post. [Viitattu 30.3.2018]. Saatavana: https://www.huffingtonpost.com/vala-afshar/the-2016-state-of-digital_b_12074114.html

Ailisto, H., Mäntylä, M. & Seppälä, T. (toim.), Collin, J., Halén, M., Juhanko, J., Jurvansuu, M., Koivisto, R., Kortelainen, H., Simons, M., Tuominen, A. & Uusitalo, T. 2015. Suomi – Teollisen internetin Piilaakso. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Valtioneuvosto. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: https://www.etla.fi/wp-content/uploads/raportti_2015_4.pdf

Business Finland. 2017. Suomen strategia alustatalouskilvan voittamiseen. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2018]. Saatavana: <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/2017/suomi-voikohota-alustatalouden-ja-tekoalyn-edellakavijamaaksi2/>

Dodd, J. 2015. POSTER: 20 Ways to achieve digital transformation. The New Reality. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <https://thenewreality.info/poster>

Etelä-Pohjanmaan liitto. 2014. Älykäs ja erottuva - Etelä-Pohjanmaan älykkään erikoistumisen strategia. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 24.3.2018]. Saatavana: http://www.epliitto.fi/images/B_64_Alykas_ja_erottuva_Etela-Pohjanmaan_alykkaan_erikoistumisen_strategia.pdf

Järvenpää, E. & Lanz, M. 11.8.2014. LeanMES: Tuotannosuunnittelu ja -ohjaus suomalaisissa valmistavan teollisuuden yrityksissä: Nykytila, haasteet ja tarpeet. [Verkkojulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. [Viitattu 30.3.2018]. Saatavana: <https://wiki.tut.fi/LeanMES/Reports>

Newman, D. 2017. Top 5 digital transformation trends in manufacturing. [Verkkosivu]. Jersey City: Forbes Media. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2017/08/08/top-5-digital-transformation-trends-in-manufacturing/#46a77630249f>

YHTEISTYÖROBOTEILLA JOUSTAVAA TEHOKKUUTTA ELINTARVIKETEOLLISUUDEN PK- YRITYSTEN TUOTANTOON

Mirka Leino, TkT, yliopettaja

SAMK Teknologia-osaamisalue, Automaation tutkimusryhmä

Timo Kerminen, projektipäällikkö

SAMK Teknologia-osaamisalue, Automaation tutkimusryhmä

Juha Palomäki, teknologia-asiamies

SeAMK Tekniikka

Janne Kapela, asiantuntija, TKI

SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Globaali kilpailu sekä kauppojen halpuutuskamppanjat ovat pakottaneet elintarviketeollisuuden pk-yrityksiä muuttamaan ja kehittämään tuotantojärjestelmiään radikaalisti aikaisempaa joustavammiksi ja kustannustehokkaammiksi. Perinteisesti pienemmät tuotantoyksiköt eivät ole hyödyntäneet robottiautomaatiota tuotannossaan sen korkeiden investointikustannusten, joustamattomuuden ja käytettävyysongelmien vuoksi. Uusien yhteistyörobottien avulla tuotannon tehokkuusongelmiin voidaan vastata joustavalla tuotantoautomaatiolla. Samalla tuotantoon voidaan tuoda uutta ihmisen ja robotin välistä yhteistyötä, jolla varmistetaan entistä paremmin pienten tuotantoerien laatua ja sujuvuutta.

Pienet ja keskisuuret elintarvikeyritykset ovat merkittävässä osassa yhteiskunnassamme. Suomen talous on suuresti riippuvainen pk-yrityksistä, koska yhä suurempi osa tulevaisuuden kasvupotentiaalista muodostuu pk-yritysten innovaatioista ja tuottavuuden kasvusta. Tässä artikkelissa keskitytään yhteistyörobottien hyödyntämismahdollisuuksiin erityisesti elintarviketeollisuuden pk-yritysten tuottavuuden kasvattamisen näkökulmasta. Julkaisussa tutustutaan yhteistyörobotiikkaan sekä esimerkkeihin tuotannon tehostamisesta yhteistyörobottien avulla.

2 ROBOTTIEN VALLANKUMOUS

Teollisuuden digitalisaatio on tämän päivän teknologisen muutoksen keihäänkärki, joka muuttaa yhteiskuntaamme sellaisena kuin me sen tunnemme. On käynnistynyt uusi teollinen aikakausi, joka The Economist -lehden mukaan on kolmas teollinen vallankumous. Merkittävässä osassa muutoksessa ovat älykkäät automaatiolaitteet ja ennen kaikkea robotisaatio, joka on osa yleistä digitalisaatiokehitystä.

Robotisaatio ja älykkäät automaatiolaitteet tekevät näkyväksi digitalisaation luovan tuhon eli työpaikkojen muuttumisen: olemassa olevat työpaikat ja tehtävät katoavat ja uusia syntyy tilalle. Tämä ei ole uusi ilmiö, sillä nykyisistä työtehtävistä suurinta osaa ei ollut olemassa 1900-luvun alkupuolella. Ilmiö on haastava siksi, että muutos on nopeampaa kuin aiemmissa teollisissa vallankumouksissa. (Miettinen 2015.)

Yksi merkittävä kolmannen teollisen vallankumouksen seurauksista on, että tehdastyöntekijöiden määrä jatkaa vähenemistään ja tuottavuus kasvaa. Työtä tehdään yhä enemmän näyttöpäätteillä, paikasta riippumattomasti. Työvoimakustannusten osuus tuotannon kokonaiskustannuksista pienenee, mikä rohkaisee eurooppalaisia yrityksiä siirtämään tuotantoaan takaisin matalien palkkakustannusten maista kuljetuskustannusten pienentämiseksi. Käynnissä olevan vallankumouksen seurauksena yritykset pystyvät myös nopeasti reagoimaan paikallisiin vaatimuksiin. Älykäs automaatio ja robotisaatio ovat väistämättömiä. Ainoa asia, johon voidaan vaikuttaa nyt tehtävillä päätöksillä, on se, syntyvätkö innovaatiot ja uudet työtehtävät kotimaahan, vai olemmeko niitä yhteiskuntia, joihin uudet asiat tuodaan vientituotteina. (Miettinen 2015.)

Robottien seuraava sukupolvi on nykyisiä edullisempi ja helppokäyttöisempi ja uudet robotit voivat toimia ihmisen kanssa rinnan sen sijaan, että korvaisivat nämä. Robottien kehitystä ohjaa voimakkaasti nykyinen markkinatilanne. Erityisesti Aasiassa tehdyt mittavat investoinnit perinteisiin teollisuusrobotteihin ovat viivästyttäneet joidenkin valmistajien uusien tuotteiden lanseeraamista. Perinteisten valmistajien hallitsemille robotiikkamarkkinoille on tämän vuoksi päässyt tunkeutumaan uusia valmistajia innovatiivisilla tuotteilla. Uudet teollisuusrobotityypit ovat mahdollistaneet erityisesti pk-yritysten investoinnit robotiikkaan.

2.1 Aasia robotiikan veturina

Tuotannon automatisointi kiihtyy ympäri maailmaa ja uusia robotteja asennetaan jatkuvasti kiihtyvässä tahdissa. Maailman suurin robottimarkkina löytyy Kiinasta.

Lähes joka kolmas valmistettu robotti päätyy kiinalaiseen tehtaaseen. Saksa on Euroopan robotisoiduin maa ollen kolmantena maailman tilastoissa mitattaessa robottitiheyttä 10 000 työntekijää kohti. Niin Saksassa kuin koko maailmassa suurimmat robottitoimitukset ovat kohdistuneet autotehtaisiin. Elektroniikkateollisuus on kuitenkin kuromassa autoteollisuuden etumatkaa johtavana robottien hyödyntäjä. (International Federation of Robotics 2017.)

Suomessa robottimarkkinat lähtivät voimakkaaseen kasvuun 2016. Tämä johtui osittain Uudenkaupungin autotehtaan kasvaneista investoinneista. Toisaalta myös pk-yritykset ovat alkaneet investoida robotteihin. Erityisesti yhteistyörobotteja on asennettu pk-yrityksiin. Suomeen toimitetuista teollisuusroboteista yli puolet menee kappaleenkäsittelyyn ja noin neljäsosa hitsaukseen. Huolestuttavana kehityksessä voidaan pitää sitä, että olemme merkittävästi jäljessä tärkeimpiä vientimaitamme kuten Saksaa, Ruotsia ja Tanskaa.

2.2 Yhteistyörobotit

Yhteistyörobotit (Co-robots, collaborative tai force limited robots) on suunniteltu toimimaan samassa työtilassa ihmisten kanssa avustaan heitä erilaisissa tehtävissä ja työvaiheissa. Yhteistyöroboteille tyypillisiä ominaisuuksia ovat helppokäyttöisyys, siirrettävyys sekä nopea käyttöönotto. Nämä ominaisuudet ovat houkuttelevia erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille. Useat analytiikat ja robottivalmistajat odottavatkin pienten yhteistyörobottien markkinoiden kasvavan nopeasti lähivuosina. (Tobe 2015.)

Yhteistyörobottien markkinoille tuloon on monia syitä: perinteisesti robotiikalla on pyritty kasvattamaan tuottavuutta ja parantamaan työturvallisuutta sekä työviihtyvyyttä. Perinteisissä teollisuusmaissa työntekijöiden ikääntyminen ja kansainvälinen kilpailu on lisännyt tarvetta automatisoida tuotantoa. Tähän tarpeeseen vastaavat yhteistyörobotit. Yhteistyörobotteja voidaan sijoittaa ihmisten rinnalle kokoonpanolinjoille, ne ovat hinnaltaan edullisia, helppokäyttöisiä, nopeasti uudelleen ohjelmoitavissa, siirrettäviä ja niiden avulla voidaan robotisoida mm. ergonomisesti haastavia tehtäviä. (Tobe 2015.)

Perinteisesti teollisuusrobotit ja työntekijät on eristetty toisistaan suoja-aidoilla ja sähköisillä turvalaitteilla sekä maalattu kirkkailla väreillä varoitukseksi vaarasta. Yhteistyörobottien on tarkoitus jättää turvahäkit ja toimia rinnan ihmisten kanssa. Yhteistyörobotit voivat olla kaikenkokoisia ja muotoisia ja ne on tyypillisesti maalattu vaaleilla väreillä. Robotteihin on integroitu turva-antureita, niiden muodot ovat pyöreitä ja pinnoitteet pehmeitä, tällä tavoin pyritään parantamaan turvallisuutta ja vähentämään isku-, puristus ja murskautumisriskiä. Yhteistyö-

bottien suurin turvallisuusominaisuus on niiden voimarojoitetut nivelet, joiden tarkoituksena on tuntea ulkoisen voiman vaikutus ja reagoida siihen nopeasti mm. joustamalla voiman suuntaan. (Universal Robots 2016; Greenfield 2017; ABB, [viitattu 23.3.2018].)

Rethink Roboticsin Jim Lawton "Alan nousun syytä ovat muun muassa se, että 90 % työtehtävistä ei ole automatisoitu, koska se ei ole ollut käytännöllistä. Useimmat pienet ja keskisuuret valmistajat ovat ilman robotteja ohjelmoinnin taidon puutteen takia. Pienillä valmistajilla on myös usein vaihteleva tuotanto, jolloin robotinkin pitää olla todella joustava työtehtävien suhteen." (Greenfield 2015.)

Nykyään markkinoilla toivotaan juuri joustavia robottiratkaisuja, jotka hallitsevat pienen volyymin tuotannon ja kustomoidut tuotteet. Cobotit ovat ratkaisemassa näitä ongelmia. Yhteistyörobotit ovat uusia ideaalisia työkavereita. Ennen yhteistyörobotin hankintaa kannattaa varmistaa, että robotin käyttämät toimilaitteet ovat myös turvallisia. Ei riitä, että robotti täyttää turvallisuusstandardin vaatimukset vaan koko toimintaympäristön tulee olla turvallinen. Vaikka itse robotti olisi kuinka turvallinen, mutta sen tarttujassa on vaikka moottorisaha, voi se saada pahaa tuhoa aikaan. (ABB, [viitattu 23.3.2018].)

Yhteistyörobotteja mainostetaan usein edullisiksi, mitä ne toki ovatkin, mutta hinnat eivät merkittävästi eroa pienistä perinteisistä teollisuusroboteista. Perinteisellä tekniikalla rakennettu robotti saattaa usein olla jopa edullisempi kuin yhteistyörobotti. Toki turvalaitteiden myötä hinnat ovat hyvin samankaltaisia. Suurin ero yhteistyörobottien ja perinteisten teollisuusrobottien välillä tuleeekin joustavuudesta ja muunneltavuudesta. Erityisesti pk-yritysten pienet tuotantoerät ja tuotannon joustavuusvaatimukset puoltavat yhteistyörobotteja. Vertailtaessa perinteisen robotin ja yhteistyörobotin muunneltavuuden kustannuksia huomataan robottien välillä merkittävä ero yhteistyörobottien hyväksi.

Yhteistyörobottien markkinoille on myös tunkeutumassa erittäin edullisia robotteja uusilta valmistajilta. Näiden valmistajien tulo jo stabilisoituneille yhteistyörobottimarkkinoille vaatii tulijoilta strategista hinnoittelua markkinaosuuden maksimoimiseksi. Pk-yritysten kannattaa hyödyntää uusien toimijoiden tuoma hintakilpailu hankinnassaan. Näissä roboteissa on usein myös joitakin uusia ominaisuuksia, joita jo markkinoilla olevissa roboteissa ei juurikaan ole. Tällaisia ovat tällä hetkellä esimerkiksi ohjelmien pilvipalvelut tai vaikka graafinen ohjelmointiympäristö.

3 YHTEISTYÖROBOTIT ELINTARVIKETEOLLISUUDESSA

Yhteistyörobotit tuovat monenlaista lisäarvoa elintarviketeollisuuteen. Ne soveltuvat elintarviketeollisuuden tuotantoketjuun aina raaka-aineen käsittelystä, tuotannon eri vaiheisiin ja pakkaamiseen. Yhteistyöroboteilla elintarviketeollisuuden on mahdollista nostaa teknologia-astettaan, laatuaan ja esimerkiksi kustannustehokkuuttaan kohtaamaan tulevaisuuden teollisuudelle asetettuja vaatimuksia. Jos elintarviketeollisuus aikaisemmin haki roboteista tuotantomäärien kasvua, tuovat yhteistyörobotit joustavuudellaan ja helppokäyttöisyydellään täysin uusia mahdollisuuksia elintarviketuotantoon.

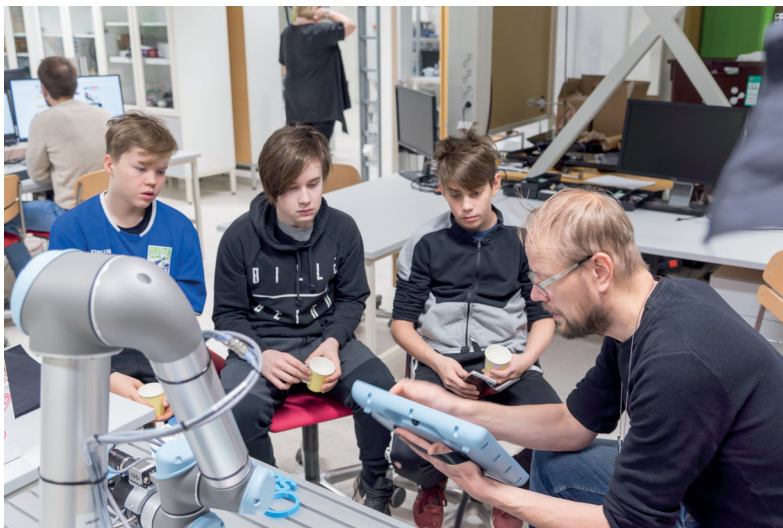
Yhteistyöroboteista löytyy suoraan elintarviketeollisuuteen soveltuvia robotteja, joiden ulkokuori on suunniteltu hylkimään elintarviketeollisuudessa tyypillisiä raaka-aineroiskeita. Yhteistyöroboteilla saavutetaan elintarviketeollisuudessa monenlaisia etuja. Ne vapauttavat työntekijöitä kuormittavista, yksitoikkoisista työtehtävistä tekemään tuotteen laadun kannalta merkittävämpiä tehtäviä. Yhteistyörobotit voivat työskennellä kuumissa ja kylmissä tai muuten epämiellyttävissä olosuhteissa. Toisaalta ne voivat tehdä likaisia, vaarallisia tai muuten vaan tylsiä työtehtäviä. Näin yhteistyörobotit vähentävät ihmisten työperäistä rasittumista sekä onnettomuuksia.

Yhteistyörobotit tuovat elintarviketeollisuuteen kaikki robottien mukanaan tuomat edut. Ne tekevät tarkkaa ja tasalaatuista työtä kellon ympäri ja varmistavat näin tuotannon jatkuvan toiminnan. Yhteistyörobotit voivat käsitellä painaviakin tuotteita, joten niitä voidaan hyödyntää elintarvikkeiden käsittelyssä läpi koko tuotantoketjun. Esimerkiksi pakkaamossa yhteistyörobotti voi toimia yksitoikkoisten, nopeasti toistettavien ja tarkkaa sijoittelua vaativien pakkausvaiheiden tekijänä turvallisesti ilman mittavia turvajärjestelyjä.

Ruuan tuotannossa on tärkeää minimoida aika, jolloin koneet eivät käy. Näin varmistetaan mahdollisimman kustannustehokas toiminta, mutta samanaikaisesti toimitetaan asiakkaille mahdollisimman tuoreita tuotteita. Yhteistyörobottien ja ihmisten saumaton yhteistyö on tärkeä tekijä näiden tavoitteiden saavuttamisessa. Perinteisten teollisuusrobottien kanssa tarvittavat turvaratkaisut eristävät robotit ihmisten ulottumattomiin ja aiheuttavat näin monenlaisia esteitä yhteistyön sujumuudelle.

Yhteistyörobotteja on kehitetty samanaikaisesti robottien ohjelmointiratkaisujen kanssa ja lopputuloksena on merkittävästi yksinkertaisempia ohjelmointiympäris-

töjä, jotka mahdollistavat robottien nopean käyttöönoton ja uusien sovellusten kehittämisen (kuva 1).



Kuva 1. Yhteistyörobotin ohjelmointi ei vaadi pitkää koodauskokemusta (Kuva: Pauli Valo, SAMK 2017).

3.1 Yhteistyörobottien tehtäviä elintarviketeollisuudessa

Robotit ovat tulleet elintarviketeollisuuteen kohtalaisen hitaasti verrattuna muihin perinteisiin teollisuuden aloihin, mutta viimeisten parin vuosikymmenen aikana robotteja on alettu hyödyntää yhä enemmän myös elintarviketeollisuudessa. Ruuan tuotantoon soveltuvat robottisovellukset voidaan karkeasti jakaa kahteen osaan: 1. prosesseissa, kuten raaka-aineiden käsittelyssä käytettävät robotit, jotka toimivat esimerkiksi erilaisissa teurastuksen vaiheissa ja raaka-aineiden lajittelussa, 2. prosesseissa, kuten ruokien valmistamisessa, leipomisessa (kuva 2) ja tuotteiden jäähdyttämisessä työskentelevät robotit, jotka sekoittavat, lajittelevat tuotteita tai vaikkapa poistavat huonoja kohtia. Tähän mennessä robotteja on otettu käyttöön enemmän toissijaisissa prosesseissa, mutta yhä enemmän robotteja hyödynnetään myös ensisijaisissa prosesseissa. (Owen-Hill 2017.)



Kuva 2. ABB YuMi -kaksikäsirobotti sekoitus- ja raaka-aineiden lisäyspuuhissa (Kuva: Pauli Valo, SAMK 2018).

Pakkaaminen on elintarviketeollisuuden eniten robotisoitu alue. Tulevaisuudessa suurin osa kaikista elintarviketeollisuuden pakkaustoiminnoista tullaan automatisoimaan ja roboteilla on tässä suuri rooli. Pakkaustoiminnot voidaan taas jakaa kolmeen erilaiseen toimintoon: 1. pakkaustoiminnot, joilla yksittäisiä elintarvikkeita pakataan esimerkiksi Delta-roboteilla pakkauksiinsa, 2. pakkaustoiminnot, joilla elintarvikepakkauksia pakataan esimerkiksi laatikoihin, 3. pakkaustoiminnot, joilla em. laatikot pakataan kuljetusta varten, esimerkiksi palletointirobotti lavaa laatikot kuormalavalle. Näiden toimintojen korkeasta toistettavuudesta johtuen pakkaustoimintojen robotisointi tulee olemaan lähivuosina merkittävin elintarviketeollisuuden automatisoinnin kohde. (Owen-Hill 2017.)

Yhteistyörobotin ja perinteisen teollisuusrobotin välillä tehtävään valintaan vaikuttavat usein toimintanopeusvaatimukset, tarve toimia ihmisten kanssa yhteistyössä, robotin käsittelemien tuotteiden moninaisuus ja sovellusten vaihtotaajuus jne. Esimerkiksi raaka-aineiden lajittelussa vaaditaan usein niin suurta nopeutta, että perinteiset teollisuusrobotit ovat niihin oivia valintoja. Toisaalta, jos ihmisen pitäisi toimia samassa tilassa robotin laadunvarmistajana esimerkiksi hyvin monimuotoisten raaka-aineiden kanssa, voi perinteisen teollisuusrobotin asentaminen turvajärjestelmineen tulla mahdottomaksi. Vastaavasti, jos samalla robotilla käsitellään päivittäin erilaisia raaka-aineita kuten omenoita, päärynöitä ja vaikkapa banaaneja, pitää robotin ohjelman vaihtaminen tapahtua nopeasti eli yhteistyörobotti voi olla tässä tapauksessa sopiva valinta. (Greenfield 2017.)

Yhteistyörobottia varten tulee aina tehdä riskianalyysi, jotta tunnistetaan robotin ulkopuoliset turvallisuusriskit kuten tarttujan aiheuttamat riskit tai esimerkiksi liikuteltavien tuotteiden aiheuttamat riskit. Joskus nämä saattavat vaatia lisäturvallaitteiden käyttöä tai yksinkertaisesti robotin toiminnan hidastamista tai jatkuvien pysähdysten tekemistä. Yhteistyöroboteilla ei myöskään vielä tällä hetkellä pystytä liikuttelemaan kovin suuria lasteja. Samoin toimintanopeus ja paikoitustarkkuus jäävät vielä perinteisistä teollisuusroboteista. (Greenfield 2017.)

3.2 Kustannustehokkuutta yhteistyöroboteilla – case Atria Scandinavia Skene

Atria Scandinavian 30 henkilöä työllistävällä Skenen tehtaalla Ruotsissa otettiin käyttöön useita yhteistyörobottikäsivarsia pakkaamon kustannustehokkuutta parannettaessa. Kun samalla linjalla pakataan vuorotellen esimerkiksi katkarapuja, oliiveja ja aurinkokuivattuja tomaatteja, tulee tuotteiden vaihdon ja tuotannon vaiheiden olla hyvin sujuvia. Atria valitsi tuotannon automatisointiin yhteistyörobotteja nimenomaan siitä syystä, että he tavoittelivat mahdollisimman sujuvaa robottien ja ihmisten välistä yhteistyötä. Kun robotit voivat purkittaa, liimata etikettejä ja pakata purkkeja kustannustehokkaasti samalla, niiden rinnalla työskentelevät ihmiset voivat varmistaa työn laatua reaaliajassa ja tarvittaessa säätää robotin toimintaa laadun varmistamiseksi.

Atrialla kiitellään erityisesti valittujen yhteistyörobottien ohjelmoinnin helppoutta ja nopeutta. Tehtaan teknisestä kehittämisestä vastaavat henkilöt painottavat nopeaa ohjelmoinnin oppimista ja sitä, miten pikaisesti tuotteesta toiseen vaihtaminen tapahtuu uusien robottien ansiosta. (Universal Robots a, [viitattu 20.3.2018].)

Johnny Jansson, Skenen Atria Scandinavian tekninen päällikkö: "Aikaisemmin yhden tuotteen pakkaamisesta toisen tuotteen pakkaamiseen vaihtaminen vei keskimäärin kuusi tuntia, kun uusien yhteistyörobottien kanssa vaihtaminen vie vain 20 minuuttia." (Universal Robots a, [viitattu 20.3.2018].)

Skenen tehtaalla yhteistyörobottien ohjelmointiosaaminen on otettu haltuun omalla henkilöstöllä. Tämän katsotaan helpottavan ja nopeuttavan uusien ja muokattujen robottisolujen käyttöönottoa, kun suunnittelusta ja rakentamisesta vastaavat työntekijät, jotka tuntevat toimintaympäristön hyvin tarkasti. Ensimmäisten kahden yhteistyörobotin käyttöönotto vei kaksi kuukautta, mutta

nyt kun teknologia ja ohjelmointiympäristö ovat tuttuja, tapahtuu käyttöönotto selvästi nopeammin. Yhteistyörobottien tuomia muitakin etuja, kuten materiaalin kulutuksen optimointia on päästy hyödyntämään. Esimerkiksi pakkaamossa kartonkimateriaalin käyttöä on pystytty vähentämään 25 % kolmen yhteistyörobotin käyttöönotolla. (Universal Robots a, [viitattu 20.3.2018].)

3.3 Pieneen tilaan optimoitu palletointi – case Nortura

Perinteiseen tapaan toteutettu robotilla palletointi vie yleensä paljon tilaa ja vaatii ympärilleen turvahäkin tms. Nortura on norjalainen lihanjalostustehdas, jossa laatikoiden palletointi haluttiin toteuttaa pieneen tilaan ja vielä niin, että lavan paikka on muussa käytössä, kun palletointia ei tehdä. Tästä syystä isoja turvahäkkejä vaativat robotit jäivät pois laskuista, kun uutta robottia etsittiin. Norturalla haluttiin löytää tähän käyttötarkoitukseen edullinen, helposti ohjelmitava kuusiakselinen robotti. Robotilla halutaan palletoida erikokoisia, -painoisia ja -korkuisia laatikoita konenäköohjatusti ilman merkittävää valvonnan tarvetta.

Erialaisten robottien tarkastelun perusteella Nortura päätyi valitsemaan tehtävään Universal Robotsin UR10-yhteistyörobotin, joka pystyy käsittelemään enintään 10 kg:n painoisia kuormia. Robotin työalueelle maalattiin kirkkain värein alue, johon pakkaamon työntekijä tuo lavan. Kun robottia avustava konenäköjärjestelmä huomaa tunnetussa paikassa lavan ja linjastolla odottavan laatikon, se aloittaa palletoinnin. Lavan tuominen ihmisvoimin onnistuu, koska lavan paikka on täysin avoimessa tilassa eikä siinä ole tarvetta avata suoja-aitaa tms. Robotti käyttää imukupitarttujaa, jolla voidaan tarttua erikokoisista laatikoista kiinni. Erikokoisille ja -tyyppisille laatikoille on tehty omanlaisensa palletointiohjelmat. Ohjelmat voivat olla myös asiakaskohtaisia, jos asiakas toivoo esimerkiksi logonsa näkyvän kaikissa laatikoissa.

Norturan palletointirobottisolu vie näin toteutettuna 10-20 % siitä tilasta, jonka tähän tarkoitukseen suunniteltu perinteinen robottisolu veisi. Robotti pystyy palletoimaan keskimäärin 20 lavaa eli n. 1700 laatikkoa päivässä. Solu pystyy myös tekemään laaduntarkkailua, koska robotti punnitsee jokaisen laatikon ja antaa hälytyksen, jos laatikko on liian kevyt tai painava. Norturalla on tunnustettu useita tällaisen yhteistyörobotin hyviä ominaisuuksia. Robotti on kohtalaisen edullinen, se ulottuu riittävälle alueelle, pystyy nostamaan erikokoisia solussa palletoitavia laatikoita ja sen ohjelmointi uusia laatikoita varten on helppoa. Kaikkein tärkeimmäksi ominaisuudeksi Norturalla kuitenkin nostetaan robotin yhteistyöominaisuudet. Robotti pysähtyy itsenäisesti aina, jos ihminen tulee sen tielle. (Universal Robots b, [viitattu 1.4.2018].)

4 YHTEISTYÖROBOTTISOVELLUKSIA DEMOTAAN 5VTA-HANKKEESSA

Satakunnan ammattikorkeakoulu ja Seinäjoen ammattikorkeakoulun toteuttavat vuosina 2016-2018 yhteistyössä 'Viisi vaikuttavaa teknologia-askelta elintarvike-teollisuuden pk-yrityksissä (5VTA) -hanketta'. Hankkeessa tutustutaan yhteensä 24 elintarvikealan pk-yrityksen tuotantoon Satakunnassa ja Etelä-Pohjanmaalla. Yritysten kanssa käydään läpi kohteita, joita voitaisiin kehittää pk-yrityksiin soveltuvilla uusilla teknologioilla. Yrityksissä on tunnistettu useita kohteita, joissa yhteistyörobotin hyödyntäminen voisi tuoda merkittävää kustannustehokkuuden kasvua. Yhteistyörobottien tuomien hyötyjen tunnistaminen ja näkyväksi tekeminen onkin yksi hankkeen tavoitteista.

5VTA-hankkeessa demonstroidaan konkreettisesti yhteistyörobotin hyödyntämistä erilaisissa elintarvikealan pk-yritysten kohteissa. Yhdessä demossa ABB YuMi -kaksikäsirobotti pakkaa yksittäispakattuja elintarvikkeita myyntipakkauksiin. Toinen demo konkretisoi yhteistyörobotin käyttöä leikkelepaketien laatikoinnissa. Demonstraatioita esitellään yrityksille niin, että he voivat ymmärtää yhteistyörobotin tuomia etuja omassa tuotannossaan. Demot myös videoidaan ja tallennetaan SAMKin ja SeAMKin verkkosivuille myöhemmin katseltavaksi.

Artikkeli on valmisteltu osana Viisi vaikuttavaa teknologia-askelta elintarvikealan pk-yrityksissä -hanketta, ja haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Euroopan Aluekehitysrahastoa sekä Satakuntaliittoa ja Etelä-Pohjanmaan liittoa.

LÄHTEET

ABB. Ei päiväystä. YuMi – Creating an automated future together. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.3.2018]. Saatavana: <http://new.abb.com/products/robotics/fi/teollisuusrobotit/yumi>

Greenfield, D. 2015. Inside the human-robot collaboration trend. [Verkkoartikkeli]. Automation World. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <https://www.automationworld.com/inside-human-robot-collaboration-trend>

Greenfield, D. 2017. Choosing between cobot and industrial robots. [Verkkoartikkeli]. Automation World. [Viitattu 31.3.2018]. Saatavana: <https://www.automationworld.com/choosing-between-cobots-and-industrial-robots>

International Federation of Robotics. 2017. Executive Summary World Robotics 2017 Industrial Robots. [Verkkoartikkeli]. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf

Miettinen, K. 2015. Kolmas teollinen vallankumous on robottien. [Verkkoartikkeli]. Fluid Finland. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana <https://www.fluidfinland.fi/uutiset.html?a1100=617>

Owen-Hill, A. 2017. Top 5 ways robotics is changing the food industry. [Blogikirjoitus]. Robotiq blog. [Viitattu 25.3.2018]. Saatavana: <https://blog.robotiq.com/top-5-ways-robotics-is-changing-the-food-industry>

Tobe, F. 2015. Why co-bots will be a huge innovation and growth driver for robotics industry. [Verkkootikkeli]. IEEE Spectrum. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/collaborative-robots-innovation-growth-driver>

Universal Robots a. Ei päivystä. Atria packages food with user-friendly robots. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2018]. Saatavana: <https://www.universal-robots.com/case-stories/atria/>

Universal Robots b. Ei päivystä. Food industry palletizing cobot with vision system works in tight quarters. [Verkkosivu]. [Viitattu 1.4.2018]. Saatavana: <https://www.universal-robots.com/case-stories/nortura/>

Universal Robots. 2016. How Universal Robots sold the first cobot. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/news-centre/the-history-behind-collaborative-robots-cobots/>

VERKKOKOKOUSTEN JA -KOULUTUSTEN KOKEMUKSIA DIGIVAATTORI-HANKKEESSA

*Juha-Matti Arola, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka*

*Saija Råttts, lehtori
SeAMK Liiketoiminta ja kulttuuri*

1 JOHDANTOA

Verkkokoulutukset ja erilaisten verkkotyökalujen hyödyntäminen ovat nykypäivää. Ne helpottavat ja mahdollistavat välimatkoista huolimatta asioiden ripeämmän etenemisen sekä prosessien reaaliaikaisen yhdessä tekemisen. Kaikkiin asioihin virtuaali- eli verkkokoulutukset ja etäyhteydet eivät tarjoa ratkaisua, mutta useimmiten niistä on enemmän apua kuin haittaa kommunikaatiossa ja yhteydenpidossa. Tämän artikkelin kirjoittajat ovat Digivaattori-hankkeen puitteissa pitäneet verkkokoulutuksia sekä verkkokokouksia sekä kokeilleet muun muassa erilaisia Googlen työkaluja. Artikkelissa tuodaan esiin edellä mainittuja sekä myös aikaisemmin hankittuja kokemuksia asiaan liittyen. Toisessa luvussa nostetaan esiin tehokkuus ja kustannukset verkkokoulutusten puolesta puhujina. Kolmannessa luvussa pohditaan virtuaalisen viestinnän ja kasvokkaisviestinnän suhdetta verkkokokousten ja -koulutusten näkökulmasta ja neljännessä luvussa keskiössä on verkkokokoustyökalujen käyttö osana oman osaamisen ylläpitämistä, kehittämistä ja päivittämistä. Viidennessä luvussa kirjoittajat pohtivat verkkokoulutusten sekä verkkokokoustyökalujen erilaisia teknisiä ominaisuuksia ja vertailevat niiden eroja ja yhtäläisyyksiä.

2 VERKKOKOKOUSTYÖKALUILLA TEHOKKUUTTA TYÖHÖN

Verkkokokoukset lisäävät työn tehokkuutta, säästävät luontoa, muuttavat yrityksen johtamistapoja sekä vähentävät työuupumusta ja -stressiä ja matkakustannuksia (ks. Juholin 2008, 263; Kortesoja, Patjas & Seppänen 2016, 172). Organisaatioi-

den hajautuessa ja ihmisten työskennellessä eri puolilla maailmaa, verkossa työskentely voi olla ainoa ja usein myös tehokkain tapa toimia (Juholin 2008, 190). Artikkelin kirjoittajien mielestä verkkokokoustyökalujen käyttöönotto ei teknisesti ole kovinkaan vaikeaa. Usein osallistujilla organisatorinen tai henkinen kynnys aiheuttaa teknistä osaamista enemmän vaikeuksia. Verkkokokouksiin ja -koulutuksiin osallistuminen vaatii yritykseltä entistä enemmän luottamusta henkilöstöön ja henkilöstön kanssa yhdessä asioiden johtamista.

Hajautetun työnteon välineet ja prosessit mahdollistavat aikaisempaa tehokkaamman toiminnan, mikä on merkittävä yritysten kilpailutekijä jo tänä päivänä. Verkkokokouksissa hyödynnetään samanaikaista dokumentointia, joka automaattisesti tehostaa toimintaa (Juholin 2008, 263). Vähemmillä resursseilla saadaan tehokkaammin aikaan, kun henkilöstö ei siirry aina kokoushuoneisiin taikka matkusta tapaamisiin vaan osallistuu kokouksiin vaikkapa kotoaan. Kun fyysisten kokousten välinen viive jää pois, projektien tai prosessien läpimenoaika pienenee, jolloin työn tehokkuus nousee. Myös Kortesus, Patjas ja Seppänen (2016, 172) toteavat, että verkkokokoukset ovat usein lyhyempiä ja tehokkaampia kuin perinteiset kasvokkain tapahtuvat kokoukset. Tämän artikkelin kirjoittajien mielestä verkkokokousten ja -koulutusten tehokkuus lisääntyy hyvällä etukäteissuunnittelulla, valmistelulla sekä aikataulutamisella. Kuten Fried ja Heinemeier Hansson (2016, 108) toteavat etätöitä tehdessä työ muodostuu ainoaksi suoriutumisen mitaksi. Sillä, mitä työntekijä sai tänään aikaiseksi, on merkitystä eikä sillä, milloin työntekijä on saapunut tai poistunut työpaikalta. Artikkelin kirjoittajien mielestä tässä korostuukin työn lopputulos, sen sijaan, että mitattaisiin pelkkää läsnäoloa tai tekemistä.

Verkkokokoustyökaluilla voidaan vähentää merkittävästi matkustukseen liittyviä kustannuksia (Kortesus, Patjas & Seppänen 2016, 172). Toisaalta prosessin edetessä nopeammin, henkilöstö pystyy tekemään enemmän töitä, ottamaan uusia työtehtäviä sekä projekteja vastaan, ja tätä kautta myös matkustamaan vastaavasti uusien tehtävien ja projektien puitteissa. Näin ollen yrityksen näkökulmasta kustannuksien alenemista ei välttämättä tapahdukaan. Jos verkkokokouksia ja -koulutuksia hyödynnetään organisaatiossa laajamittaisesti, samassa ajassa kuin aikaisemmin toteutettiin yksi projekti, voidaankin toteuttaa kaksi projektia. Tämä pätee kirjoittajien kokemusten mukaan ainakin tietointensiivisissä, kuten esimerkiksi tietotekniikan käyttöönottoprojekteissa ja erityisesti kansainvälisessä ympäristössä. Myös Digivaattori-hankkeen puitteissa saadut kokemukset ovat olleet positiivisia. Osallistujien mielestä erityisesti matkoihin menevä aika on ollut selvää säästöä ja lisännyt näin mahdollisuuksia osallistua kokouksiin ja koulutuksiin.

Matkustamisen väheneminen johtaa myös hiilijalanjäljen pienentymiseen. Jokai-

nen etätyöskentelypäivä säästää luontoa (ks. Fried & Heinemeier Hansson 2014, 40). Yrityksen johdon on sallittava työntekijöiden työskentely etänä ja annettava tarvittava ohjeistus ja tuki.

Organisaatiossa olisi hyvä pohtia seuraavia kysymyksiä:

- Miksi työntekijät ovat menossa töihin samaan aikaan?
- Voisivatko työntekijät aloittaa työskentelynsä kotona tai jossain muualla etätyössä verkkokokouksiin osallistumalla ja tulla työpaikalle myöhemmin, kun ei ole ruuhkaa?
- Voisivatko työntekijät tehdä kokonaan työnsä jossain muualla kuin työpaikallaan (esim. verkkokokousten kautta)?
- Mistä asioista työntekijöiden työpäivä koostuu? Mitä he tekevät työkseen? Lukevatko he sähköpostia? Tapaavatko he kasvokkain asiakkaitaan tai kollegoitaan?

Yrityksen johtamistavat muuttuvat ja projektikohtaiset asiantuntijatiimit tulevat tyypillisiksi. Verkottuneet ja itsenäiset johtamismallit toimivat, jolloin henkilöstöä sitoutetaan yrityksen johtamisprosesseihin, niin että heiltä kysytään, heitä osallistutetaan ja heitä kuunnellaan jo projektin alkuvaiheissa. Henkilöstö ja johto johtavat yhdessä organisaatiota. Työntekijät voivat tehdä töitä entistä helpommin olematta sidoksissa aikaan taikka paikkaan. Työnteko onnistuu työpaikan lisäksi myös esimerkiksi kotona, puistossa, matkalla, vapaa-ajalla, yöllä ja niin edelleen.

Verkkoviestintä on muuttanut johtamisviestinnän haasteita. Työntekijät voivat olla eri puolilla maailmaa tai maata. Myös työntekemisen kulttuuri on muuttunut ja jokainen voi tehdä työtä silloin, kun itselle parhaiten sopii. Yhteinen työskentelyalusta mahdollistaa materiaalien muokkauksen, säilytyksen ja kommentoinnin ja asioiden tarkistus voidaan pikaisesti hoitaa verkkokokousten ja virtuaalityökalujen avulla tai vaikka perinteisemmin puhelimitse (ks. Juholin 2008, 216). Toisaalta verkkojohtamisessa on myös haasteensa. Keskinäinen ymmärrys, asioiden tulkinta, tiimi- ja me-henki sekä tunnelma ovat vaikeasti luotavissa ilman kasvokkain tapahtuvia tapaamisia. Väärinkäsityksiä voi syntyä ja niiden oikomiseen voi kulua aikaa. (Juholin 2008, 216–217.) Myös yhteysongelmat saattavat olla häiriötekijöitä sujuvan viestinnän kannalta (Korteso, Patjas & Seppänen 2016, 172). Jotta näiltä vältytään yhteisten pelisääntöjen luominen ja sopiminen on tärkeää. Jokaisen verkkokokoukseen osallistuvan tulee tietää toistensa tehtävät ja asiantuntijuudet sekä olla valmis jakamaan omaa osaamistaan. Osaamisen hyödyntäminen onkin edellytyksenä tehokkaalle työnteolle (Juholin 2008, 217).

Verkkokokoukset antavat työntekijälle itselleen paremman mahdollisuuden kontrolloida omaa työnteoään (Fried & Heinemeier Hansson 2014, 16; Vilkmán

2016). Työntekijä voi valita, mistä hän tekee töitä ja usein myös, milloin hän tekee työnsä. Artikkelin kirjoittajien mielestä tämä lisää joustavuutta ajatellen myös työntekijän vapaa-aikaa ja perhe-elämää. Verkkokokoukset mahdollistavat useiden ihmisten kohtaamisen ja kokoontumisen samanaikaisesti riippumatta siitä, missä he sillä hetkellä ovat (Juholin 2008, 74). Myös työn suunnitelmallisuus lisääntyy etätyöskentelyn ja verkkotyökalujen käytön myötä. Koska kasvokkainkohtaamiset kahvihuoneissa ja käytävillä eivät ole mahdollisia, on myös pienempienkin asioiden läpikäynnit sovittava ennalta. Erilaiset kohtaamiset merkitäänkin tarkasti kalenteriin ja aikataulutetaan ennalta. Näin tavoitettavuus lisääntyy, vaikka fyysisesti ei ollakaan toisia lähellä. (Vilkman 2016.)

Verkkotyökalujen käyttö mahdollistaa asumisen kaukana fyysisestä työpaikasta. Työntekijä voi valita asumisen esimerkiksi sen perusteella, että hän haluaa asua lähellä harrastuksiaan tai rakkaita lähimmäisiään tai lähellä inspiraation lähteitä kuten järven rannalla, laskettelurinteen vieressä, etelän aurinkorannalla tai omien mietiskelypaikkojensa läheisyydessä. Työntekijöiden mukavuus lisääntyy, sillä ruuhka-aikana kaupungin liikennetungoksessa tai täydessä bussissa matkustaminen ei enää ole välttämätöntä. Työntekijä voi halutessaan valita asuinkustannuksiltaan kaupunkia edullisemman asuinpaikan. Kaikki edellä mainitut asiat lisäävät usein työntekijän työtyytyväisyyttä. Tämä puolestaan vaikuttaa usein suoraan työn tehokkuuden paranemiseen.

3 VERKKOVIESTINTÄ - UHKA VAI MAHDOLLISUUS KASVOKKAINVIESTINNÄLLE

Henkilökohtaisesti koskettavat, vaikeat sekä monimutkaiset asiat tulee edelleen hoitaa kasvotusten. Sen sijaan rutiiniasioiden viestimisessä verkkoviestintä ja erilaiset verkkokokoukset ovat toimivia. (Juholin 2008, 191.) Verkkokokoustyökalujen käytön yleistymisen myötä myöskään organisaatioiden johtaminen ei enää ole aikaan tai paikkaan sidottua, vaikka edelleen kasvokkain alaisten kohtaamisella on tärkeä osa työyhteisön viestinnässä, läsnäoloa ja vuorovaikutusta voi myös syntyä verkon välityksellä. Aina ei tarvitse olla samassa fyysisessä tilassa tai kasvokkain, jotta asioita saadaan edistettyä.

Hajautetun työnteon välineet ja prosessit mahdollistavat aiempaa nopeamman toiminnan, mikä on merkittävä yritysten kilpailutekijä jo tänä päivänä (ks. Korteso, Patjas & Seppänen 2016, 172). Nykyiset kokouskäytännöt pitävät usein sisällään neuvotteluita tai tiedotustilaisuuksia, jotka pohjautuvat esimerkiksi

Powerpoint-esitysten kuuntelemiseen. Nämä asiat voidaan kuitenkin tehdä myös verkkokokouksen kautta tai verkkokoulutuksessa, jos tarvetta tiedottamiselle on laajemmin. Kasvokkain pidettävän kokouksen sopiminen vaatii usein enemmän aikataulujärjestelyitä ja muun muassa kokoushuoneiden varaaminen asettaa omat ehtonsa. Verkkokokouksen ja -koulutuksen voikin useimmiten järjestää aikataulullisesti paljon nopeammin ja tiiviimmin. Lisäksi koska verkkokokoukseen pitää valmistautua paremmin kuin kasvokkaskokoukseen, verkkokokouksen tulokset ovat usein paremmat ja siten voidaankin todeta, että verkkokokoukset ovat tehokkaampia kuin kasvokkaskokoukset.

Juholinin (2008, 263) mukaan verkkokokousten heikkoutena voi pitää sitä, että koko inhimillisen viestinnän keinovalikoima ei ole käytössä, joten väärinymmärrysten ja -tulkintojen mahdollisuus on suurempi kuin kasvokkain kohtaamisissa. Toisaalta, jos luottamus on jo syntynyt, asioita voidaan kysyä ja tarkistaa matkan aikana. Myös yhteisistä toimintatavoista ennakkoon sopiminen auttaa asioiden hoitamisessa. Kortesus, Patjas ja Seppänen (2016, 172) muistuttavat, että kasvokkain tapahtuva viestintä on paras toimintatapa, jos taustalla on erimielisyyttä. Verkkotyökaluja käyttäessä kannattaa pitää mielessä myös itsensä esittely, positiivinen viestintä, lyhyet puheenvuorot sekä selkeä artikulaatio. Artikkelin kirjoittajien kokemusten mukaan tutunkin ryhmän kohtaamisessa lyhyillä esittäytymisillä ja kuulumisten vaihdolla on paikkansa viestintäyhteyden avaamisessa. Työtehtäviä on helpompi hoitaa, kun osallistujat tietävät, keitä on paikalla ja että viestintäyhteys on toimiva ja avoin.

Kasvokkaskokouksessa on hyvä käyttää entistä enemmän fasilitointimenetelmiä eli menetelmiä, jossa kaikkien kokoukseen tai koulutukseen osallistuvien mielipiteet saadaan esiin ja päätökset saadaan tehtyä yhteisesti. Kantojärven (2012, 6) mukaan fasilitoinnin keskeisin asia on se, että ryhmä saadaan toimimaan rakentavasti, kun ryhmällä on tarvittava tieto ja taito asian ratkaisemiseksi. Myös verkkokokoukset saattavat muuttua esitystyyppiseksi, jolloin niitä voidaan elävöittää virtuaalifasilitoinnin keinoin. Tällöin käytetään ryhmän työskentelyä tukevia keinoja verkkokokoustyökalussa olevien ominaisuuksien avulla. Soveltuvia keinoja tähän ovat esimerkiksi chat-keskusteluiden tai äänestysnappien hyväksikäyttäminen. Digitaalisten fasilitointimenetelmien mukaan tuominen lisää usein myös dokumentoinnin mahdollisuuksia ja mahdollistaa asioihin palaamisen myöhemmässäkin vaiheessa. Grape Peoplen (2018) mukaan virtuaalifasilitointi on haasteellista, koska teknisiä haasteita esiintyy ja osallistujat keskittyvät helpommin muihin ympärillä oleviin ärsykkeisiin.

Sanattoman eli nonverbaalin viestinnän avulla puhetta voidaan täydentää tai ajoittain jopa kokonaan korvata puhe. Kommunikaatiosta valtaosa onkin nonver-

baalista kehonkieltä eli ilmeitä, eleitä, äänensävyjä, asentoja, puheen rytmitystä ja painotuksia. Myös hymyllä on olennainen merkitys vuorovaikutuksen onnistumiseen. Kasvokkain viestissä tarvitaan läsnäolotaitoa ja omaa viestintää tulee tarvittaessa mukauttaa toisen reaktioiden mukaan. (Kortesuo, Patjas & Seppänen 2016, 38.) Samassa fyysisessä tilanteessa tekniset häiriöt eivät samalla tavalla tule kommunikaation esteeksi kuin verkkotyökaluja käytettäessä. Nonverbaalin viestinnän hyödyntäminen ja tulkinta on helpompaa kasvokkain keskustellessa. Toisaalta verkkotyökalut kehittyvät ja tulevaisuudessa tarjoavat varmasti yhä autenttisemman ja enemmän fyysistä tilaa muistuttavan kohtaamispaikan virtuaalisesti. AR (Augmented Reality) eli lisätty todellisuus ja VR (Virtual Reality) eli virtuaalitodellisuus mahdollistavat tulevaisuudessa varmasti yhä enemmän myös läsnäolon tunteen nykyistä paremmin verkkokokouksissa ja -koulutuksissa.

Verkkokokouksissa ja -koulutuksissa toteutuu uudenlainen toiminta- ja viestintäkulttuuri, joka korostaa keskustelua sekä kaikkien osapuolten huomioon ottamista yhteisten asioiden käsittelyssä. Kokonaan verkkokokoukset eivät kuitenkaan korvaa kasvokkain tapahtuvaa palaveritilannetta. Se, että ihmiset näkevät toisensa fyysisessä tilassa ja myös toistensa nonverbaalisen viestinnän, ei ainakaan vielä toteudu verkkokokouksissa. Erityisesti, jos käsitellään monimutkaisia tai vaikeita asioita tai osallistujat eivät ennestään tunne toisiaan, kasvokkain viestintä on yhä paras toimintatapa. Usein luottamuksen synty ei onnistu verkon välityksellä vaan vaatii fyysistä kohtaamista. (Juholin 2008, 74.)

4 ITSENSÄ KEHITTÄMINEN JA UUDEN OPPIMINEN

Maailma muuttuu nopealla vauhdilla ja tekniikka kehittyy. Kuten Korhonen (2016) toteaa, on yritysten päästettävä irti niistä toimintatavoista, jotka autoivat ennen menestyksen luomisessa. Tehokas työnjako, arvoketjuajattelu, yksityiskohtainen suunnittelu, suoraviivainen tuotekehitys, mittava tuotanto- ja myyntikoneisto, jakelukanavat sekä segmenteittäin tapahtuva markkinointi. Pärjätäkseen digitaalisessa maailmassa organisaatioiden on opeteltava uudenlainen toimintakulttuuri. Tämän artikkelin kirjoittajien mielestä virtuaalisten kokous- ja koulutustyökalujen hyödyntäminen antaa organisaatioille entistä laajemman mahdollisuuden pysyä kehityksessä mukana. Tehokkuus, nopeus, ajan- ja ympäristön säätäminen ovat itsestään selvyksiä, jotka puhuvat verkkokokousten ja koulutusten puolesta. Olennaista ja tärkeää on pohtia asiaa myös työntekijän näkökulmasta ja itsensä kehittymisen kannalta. Verkkokoulutukset ja -kokoukset tarjoavat laajasti myös sellaista tietoa, joka ei työntekijän saatavilla muutoin olisi. Aika ja paikka ovat monesti haasteita, ja koulutuksiin osallistuminen myös välimatkojen vuoksi ajoittain

mahdotonta. Verkon välityksellä tapahtuva koulutus ja verkkotyökalut mahdollistavatkin työntekijälle uudenlaisia menetelmiä ja keinoja oppimiseen ja oman osaamisen kehittämiseen. Laajan koulutustarjonnan lisäksi verkkotyökalujen käyttö kehittää työntekijän teknistä osaamista, joka taas puolestaan on tärkeä voimavara ja resurssi yrityksille.

Verkkokoulutukset tekevät mahdolliseksi tietojen nopean päivittämisen, jatkuvan kouluttamisen ja tallenteiden luomisen. Uudet asiat voidaan kertoa heti tuoreeltaan. Esimerkiksi verkkokokouksena toteutetussa tuotekoulutuksessa voidaan kouluttaa myyjät ja tuoteasiantuntijat, vaikka heidän asiakaskäyntiensä lomassa. Verkkokoulutukset ja -kokoukset voidaan helposti tallentaa. Tämä toimii myös oivana tapana muuntaa osaamista digitaaliseen muotoon esimerkiksi henkilöstön jatkuvaa perehdyttämistä varten.

Verkkoviestintä on tullut työyhteisöjen viestinnän osaksi 1990-luvun loppupuolella (Mattila, Ruusunen & Uola 2006, 249). 1990-luvun loppupuolella koulutustilaisuuden tiedottaminen hoidettiin faksilla, 2000-luvun alussa tiedote lähetettiin sähköpostitse ja mahdollisesti laitettiin intra- tai nettisivuille luettavaksi (ks. Mattila, Ruusunen & Uola 2006, 249). Tänä päivänä tiedotteet julkaistaan edelleen intrassa tai nettisivuilla, jaetaan sosiaalisen median kautta ja koulutustilaisuuskin on todennäköisesti ollut jo ensisijaisesti verkossa kaikkien nähtävillä ajasta ja paikasta riippumatta. Verkkoviestinnässä ja sitä myötä organisaatioiden sisäisessä ja ulkoisessa viestinnässä on tapahtunut viime vuosina isoja ja nopeita muutoksia. Aikaisemmin työnteon kannalta it-, atk-, ja verkkoviestintätaitojen merkitys ei ollut olennaista työn hoitamisen kannalta. Nykyään muuttuva maailma, tekniikan nopea kehitys ja viestintätapojen muutos asettavat työntekijät haasteelliseen asemaan. Itsensä kehittämiseen ja uuden oppimiseen on jatkuvasti panostettava oman työtehtävien hoitamisen lisäksi ja ohella.

Verkossa toimivat kasvokkain tapahtuvan vuorovaikutuksen foorumit ovat kehittyneet viime vuosina nopeasti ja jatkoa on luvassa. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa tulevaisuudessa yhä autenttisemman kollegoiden tapaamisen ajasta ja paikasta riippumatta. Yhteiskunta on muuttunut ja yhteiskunnan tavat viestiä ovat muuttuneet. Muutos on jatkuvaa ja kehityksessä voi pysyä mukana opettelemalla uutta ja uudenlaista tapaa viestiä, myös verkon välityksellä. Erityisen toimivaksi tässä ajassa ovat muodostuneet Juholinin (2008, 74) kuvailemat hybridifoorumit. Ne syntyvät työntekijöiden itseohjautuvuudesta ja kommunikatiivisuudesta, eikä erillisiä ohjeita tai sääntöjä tarvita. Viestintä on sekoitus eri kommunikaatiomuotoja, jotka kehittyvät työfoorumeilla ja yhdistelevät tilanteen mukaan kasvokkain kohtaamista sekä verkkoviestintää eri muodoissaan. Hybridiviestinnän syvin olemus nojaa ajantasatiedon välittämisen lisäksi myös yhdessä oppimiseen

ja tekemiseen. Kirjoittajien mukaan juurikin työntekijöiden omien viestintä- ja kommunikaatiotapojen laajentaminen avaa tien myös itsensä kehittämiseksi ja uuden oppimiseksi. Erilaisten ja monimuotoisten etätyöskentelytapojen opettelu kehittää aina myös työntekijän omaa osaamista ja lisää näkökulmia erilaisiin vuorovaikutustapoihin ja –menetelmiin. Etätyöskentely ei yleisesti ottaen sulje mitään pois, mutta mahdollistaa uuden oppimisen.

5 VERKKOKOKOUSTYÖKALUJEN TEKNISET OMINAISUUDET; EROJA JA YHTÄLÄISYYKSIÄ

Tässä luvussa keskitytään verkkotyökalujen erilaisiin teknisiin ominaisuuksiin ja pohditaan muun muassa Skypen, Adobe Connectin ja Google Hangoutsin yhtäläisyyksiä ja eroavaisuuksia sekä edellä mainittujen sopivuutta virtuaaliseen kokous- ja koulutuskäyttöön.

Verkkokokoustyökaluja on tarjolla runsaasti, mikä osaltaan vaikeuttaa niiden käyttöönottoa organisaatioiden välisiin tapaamisiin. Taulukossa 1 on esitelty tyypillisimmät ja eniten käytetyt verkkokokoustyökalut. Näistä Adobe Connect on ollut Suomessa eniten koulutusorganisaatioiden hyödyntämä verkkokokoustyökalu. Nyt sille on tullut haastajaksi avoimeen lähdekoodiin perustuva Big Blue Button -työkalu, jota myös SeAMK on ottamassa käyttöön Adobe Connect -työkalun sijaan. Yrityspuolen kokouskäytössä Skype for Business -työkalulla on vankka asema, mutta esimerkiksi vertailussa oleva Google Hangouts on haastamassa sitä helppokäyttöisyydellään.

Taulukko 1. Verkkokokoustyökalujen vertailua (Microsoft 2018; Ilona-IT 2018; Google 2018; BigBlueButton 2018).

Ominaisuus	Skype for Business	Adobe Connect	Google Hangouts	Big Blue Button
1. Maksimi osallistujamäärä	250 hlöä	25 hlöä	50 hlöä	Rajoittamaton
2. Yhtäaikaisesti näkyvien webkamerakuvien määrä	6 hlöä	25 hlöä	10 hlöä	Rajoittamaton
3. Nauhoitusmahdollisuus	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
4. Nauhoitusten muokkaus	Ei	Omalla editorilla	Ei	Ei
5. Chat	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
6. Näkymän muokkaus	Ei	Kyllä	Ei	Kyllä
6. Kyselyt	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
7. Äänestykset	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
8. Ohjelmanjako	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
9. Hinta	Maksullinen	Maksullinen	Ilmainen	Ilmainen

Verkkokoulutukset vaativat yleisesti ottaen työkalulta enemmän ominaisuuksia kuin verkkokokoukset. Verkkokoulutuksissa tärkeiksi ominaisuuksiksi nousevat esimerkiksi näkymän muokattavuus, nauhoitusmahdollisuudet, äänestys- ja webkameraominaisuudet. Kokouskäyttöön riittää vaatimattomampikin verkkokokoustyökalu, jossa tärkeimpinä ominaisuuksina ovat ohjelmanjakelu ja chat-keskustelu. Edellä mainittujen pohjalta voidaankin todeta, että Adobe Connect- ja Big Blue Button -työkalut soveltuvat erittäin hyvin koulutuskäyttöön, koska verkkokoulutuksen pitäjä voi paremmin muokata työkalun näkymää ja osallistujien hallintavälineet ovat paremmat. Vastaavasti Skype for Business- ja Google Hangouts -työkalut sopivat kokouskäyttöön, koska näissä työkaluissa korostuvat ohjelmanjakelu-, esitys- ja chat-toiminnot. (ks. Taulukko 1).

Digivaattori-hankkeessa työkaluista aktiivisessa käytössä ovat olleet Skype for Business sekä Google Hangouts. Molemmat ovat osoittautuneet verkkokokouksiin ja -koulutuksiin soveltuviksi helppokäyttöisiksi työkaluiksi. Skype for Business tarjoaa Hangoutsia paremman dokumentaatiomahdollisuuden, koska sen avulla myös keskusteluiden ja esitysten videointi ja tallentaminen ovat mahdollisia. Hangouts

puolestaan Googlen työkaluna on erittäin helppokäyttöinen ja kaikkien Google-tilin omaavien käyttäjien helposti saatavilla. Digivaattori-hankkeesta saatujen kokemusten perusteella verkkokokouksiin parhaiten teknisiltä ominaisuuksilta soveltuu Hangouts sen helppokäyttöisyyden vuoksi. Verkkokoulutuksissa Digivaattori-hankkeessa saatujen kokemusten mukaan Skype for Business, Adobe Connect tai Big Blue Button ovat Hangoutsia parempia työkaluja tallentamismahdollisuutensa vuoksi. Tallennustoiminnolla on erittäin suuri merkitys tiedon tallentamisessa ja kartuttamisessa organisaatioiden henkilöstön tarpeisiin. Ennen kokousten tai koulutusten verkkotyökalun valintaa onkin syytä selvittää, mitä teknisiä ominaisuuksia verkkokoulutuksessa tai -kokouksessa työkalulta vaaditaan. Jos kokouksessa on esimerkiksi tiedossa äänestyksiä Skype for Business, Adobe Connect tai Big Blue Button ovat tällöin parhaita valintoja. Big Blue Buttonin sekä Google Hangoutsin puolesta puhuu myös näiden maksuttomuus. (vrt. Taulukko 1.) Kaikkien työkalujen käyttömahdollisuuksia voidaan helposti laajentaa yhdistämällä niitä muihin verkkotyökaluihin.

6 LOPUKSI

Tämän artikkelin kirjoittajien mielestä digitaalisten oppimisympäristöjen hyödyntäminen nähdään niin kokouksissa kuin koulutuksissa oivana tapana saada autenttista tietoa ja lisätä yritysten henkilöstön ymmärrystä digitalisaation mahdollisuuksista. Virtuaalisten työkalujen hyödyntäminen on myös eteläpohjalaisien yritysten mahdollisuus pärjätä tiukkenevassa kilpailussa. Helppokäyttöiset kokoustyökalut tarjoavatkin tähän mahdollisuuden.

Digivaattori-hankkeessa on kokeiltu muun muassa digitaalisen markkinoinnin koulutusten yhteydessä erilaisia digitaalisia oppimisympäristöjä. Hankkeen tavoitteena onkin lisätä Etelä-Pohjanmaan alueella toimivien pk-yritysten henkilökunnan ymmärrystä muun muassa digitalisaation mahdollisuuksista niin liiketoiminnan kuin tuotannonkin kehittämisessä. Hankkeen keskiössä ovat valmistavan teollisuuden pk-yritykset ja tuottavuuden sekä työhyvinvoinnin lisääminen niissä edellä mainittujen avulla. (Digivaattori.)

KIITOKSET

Tämä artikkeli on valmistettu osana Digivaattori-hanketta, ja artikkelin kirjoittajat kiittävät hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Keski-Suomen ELY-keskusta (ESR).

LÄHTEET

BigBlueButton. 2018. Engage Your Online Students. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavana: <https://bigbluebutton.org/>

Digivaattori. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. [Viitattu 25.1.2018]. Saatavana: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/digivaattori/>

Fried, J. & Heinemeier Hansson, D. 2014. Etänä: Toimistoa ei tarvita. Helsinki: Kauppakamari.

Google Oy. 2018. G Suite by Google Cloud. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://gsuite.google.com/features/>

Grape People Finland Oy. 2018. Virtuaalifasilitoinnin perusteet. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.4.2018]. Saatavana: <https://grapepeople.fi/valmennus/virtuaalifasilitoinnin-perusteet/>

Ilona-IT Oy. 2018. Verkkokokous - Ilona. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://ilonait.fi/verkkokokous/>

Juholin, E. 2008. Viestinnän vallankumous: Löydä uusi työyhteisöviestintä. Helsinki: WSOYPro.

Kantojärvi, P. 2012. Fasilitointi luo uutta. Helsinki: Alma Media.

Korhonen, J. J. 2016. Mistä digitaalisessa murroksessa on todella kysymys? - "Menestyjät onnistuvat osallistamaan asiakkaansa" [Verkkoartikkeli]. Tekniikka & Talous. [Viitattu 1.4.2018]. Saatavana: <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ict/mista-digitaalisessa-murroksessa-on-todella-kysymys-menestyjat-onnistuvat-osallistamaan-asiakkaansa-6661447>

Kortesuo, K., Patjas, L.-M. & Seppänen, L. 2016. Pillillä vai pasuunalla? Viestinnän käsikirja yrittäjille. 2. p. Helsinki: Suomen Yrittäjien Sypoint.

Mattila, H., Ruusunen, T. & Uola, K. 2006. Viestinnän työkaluja AMK-opiskelijalle. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit.

Microsoft Oy. 2018. Hanki paras hyöty Officesta Office 365:n avulla. [Verkkosivu]. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://products.office.com/fi-fi/compare-all-microsoft-office-products?tab=2>

Vilkman, U. 2016. Etätöön hyödyt ja haasteet johtamisen näkökulmasta. [Blogikirjoitus]. [Viitattu 29.3.2018]. Saatavana: <http://etajohtaminen.fi/2016/02/16/etatyohon-siirtyminen-johtamisen-nakokulmasta/>

SIMULOINTITEKNOLOGIAT TUOTANTOYMPÄRISTÖJEN KEHITYKSEN TUKENA

Jarkko Pakkanen, lehtori

SeAMK Tekniikka

Toni Luomanmäki, projektipäällikkö

SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTOA

Shannon (1998) määrittelee simulointimallin seuraavasti: "Simulointi on todellisuutta vastaavan mallin rakentamista ja kokeiden tekemistä tällä mallilla. Kokeiden tarkoituksena on ymmärtää joko mallia itseään tai mallin toimintaa tiettyjen parametrien mukaan." Käsite on siis varsin laaja, koska todellisuutta vastaava matemaattinen malli voidaan luoda vaikkapa yksittäisestä atomista tai toisaalta vaikkapa kokonaisesta galaksijoukosta. Tässä artikkelissa simulointi käsitetään kuitenkin teollisuuden graafisina ja laskennallisina tuotantomalleina. Näiden mallien avulla tutkitaan ja kehitetään yksittäisiä teollisuuden tuotantoprosesseja tai kokonaisia toimitusketjuja. Simulointi on ollut keskeinen osa SeAMK Tekniikan opetus-, hanke-, palvelutoimintaa jo 1990-luvulta lähtien. Voidaankin sanoa, että tämän päivän digitalisaatiokeskusteluun liitetyt tuotantojärjestelmien digitaaliset kaksoiset ovat olleet arkipäivää SeAMKissa jo 20 vuotta.

2 SIMULOINTI SEAMKISSA

2.1 Simulointipalvelut

Simulointitoiminnan juuret SeAMKissa johtavat vuoteen 1989, jolloin Jumppasen ja Riuku-lehdon (2015, 90) mukaan Seinäjoen teknilliseen oppilaitokseen perustettiin teknologiapalveluosasto. Vuonna 1991 käynnistyi ensimmäinen tehdassi- mulointiprojekti yhteistyössä VTT:n ja elintarviketeollisuuden kanssa (Jumppanen & Riukulehto 2015, 94). Vuonna 1994 teknologiapalveluosasto vaihtui Seinäjoen Teknologiapalvelukeskukseksi (Seitek). Seitekistä tehtiin vuonna 1997 oma tu- losyksikkö, jossa työskenteli muiden asiantuntija-alojen lisäksi, parhaimmillaan viisi kokopäiväistä simuloinnin asiantuntijaa. Seitek toteutti vuosien 1994–2003

aikana yli 100 simulointiin liittyvää projektia kymmenille suomalaisille yrityksille. Asiakasyritykset sijoittuivat pääosin Etelä-Pohjanmaan alueelle, mutta projekteja toteutettiin myös ympäri Suomen. Jumppasen ja Riukulehdon (2015, 96) mukaan Seitek teknologiapalvelut lakkautettiin vuonna 2003, jonka jälkeen simulointitoiminta jatkui ennallaan suoraan Tekniikan yksikön alla. Tämän muutoksen myötä toiminta kytkeytyi opetukseen entistä vahvemmin. Nykyään maksullisista simulointiprojekteista vastaa SeAMK Tekniikassa pääosin TKI-tiimi, jossa vuonna 2017 työskenteli kokopäiväisesti kaksi simulointi-asiantuntijaa. Lisäksi osa henkilökuntaa työskentelee digitaaliseen suunnitteluun liittyvissä hankkeissa.

Simulointipalvelut ovat toimialariippumatonta, joskin rajautuu pääosin kappalevarateollisuuteen. Keskeisimpiä tavoitteita ovat tuotannon pullonkaulojen löytäminen, uusien tuotantomenetelmien suunnittelu ja testaaminen ja investointiehdotusten sisäinen markkinointi yrityksessä. Asiakasyritykset ovat kokoluokaltaan kaiken kokoisia, vaihdellen muutaman työntekijän konepajoista aina esimerkiksi Wärtsilän kokoihin, globaaleihin korporaatioihin. Valtaosa asiakasyrityksistä sijaitsee edelleen Etelä-Pohjanmaan alueella.

Yhtenä suurimmista muutoksista n. 25 aktiivisen toimintavuoden aikana voidaan havaita simulointiohjelmistojen integroituminen. Tämä tarkoittaa sitä, että aikaisemmin esimerkiksi robotiikkaan liittyvät simulointitutkimukset hoidettiin eri ohjelmistoilla, kuin muiden tuotanto-laitteistojen simulointi. Nykyään nämä asiat voidaan hoitaa saman ohjelmiston sisällä ja tätä kautta eri kokonaisuudet integroituvat yhdeksi tuotantomalliksi. Lisäksi voidaan havaita, että yhä useammat yritykset ovat ottaneet simuloinnin osaksi yrityksen jokapäiväistä toimintaa. Monet SeAMK Tekniikassa työskennelleet simuloinnin asiantuntijat työskentelevät edelleen simuloinnin parissa alueen yrityksissä. Tähän on vaikuttanut voimakkaasti 3D-suunnittelun arkipäiväistyminen. Koska tuotteista ja tuotantolaitteista on useimmiten olemassa 3D-mallit, kynnys simulointimallin toteuttamiseen on verrattain pieni. Simulointia käytetään yrityksissä edellä mainittujen tavoitteiden lisäksi myös myynnin tukena. Systemi-integraattoreiden piirissä simuloinnilla nähdään olevan tulevaisuudessa myös merkittävä vaikutus käyttöönoton nopeuttajana (vrt. Virtual Commissioning), josta myöhemmin lisää tässä artikkelissa.

2.2 Simulointiteknologia hanketoiminnassa

SeAMK Tekniikassa on tyypillisesti käynnissä useita TKI-hankkeita, jotka liittyvät suoraan tai välillisesti alueen valmistavan teollisuuden pk-yritysten toiminnan tukemiseen ja kehittämiseen. Usein näissä hankkeissa on ollut jollakin tasolla mukana erilaisia simulointiohjelmistoja, joita on käytetty suoraan jonkun kehitysmenetelmän työkaluna tai simulointi on voinut olla teknologiana osa ratkaisua.

Viimeisen viiden vuoden aikana simulointitekniologiaa on SeAMK Tekniikassa sovellettu seuraavissa hankkeissa:

- Digital Factory (EAKR, 2013–2015). Tuotannon ja valmistuksen simulointi-ohjelmistot osana tehdastason tuote- ja suunnittelutiedon hallinta-järjestelmän (PDM, Product Data Management) digitaalisen valmistuksen ketjua.
- HardSoft (EAKR, 2014–2015). Automaatio-ohjaimien (PLC) liittäminen digitaalisiin laitemalleihin mahdollistaen skaalautuvat automaation oppimisympäristöt.
- Kyberi (EAKR, 2015–2018). Teollisen internetin laboratorion kehittämishanke, jossa yhtenä teemana Digital Twin -simulointimallin rakentaminen oikeasta järjestelmästä.
- Vertti (ESR, 2015–2018). Toimitus- ja jakeluverkoston tuottavuuden ja tehokkuuden mittaaminen simuloimalla ja optimoimalla verkoston toimintaa.

SeAMK Tekniikassa hiljattain alkaneet hankkeet, joissa sovelletaan simulointitekniologiaa:

- IoT-Compass Hubin startti (EAKR, 2017–2020). Simulointia sovelletaan yhtenä menetelmänä Digital Factory Akatemia -konseptissa.
- Mixed Reality and Collaborative Robotics (EAKR, 2018–2020). Robottisimulointi ohjelmistojen ja VR-tekniologian integraatio. Robottiikan suunnittelu ja tarkastelu Mixed Reality -ympäristössä.

Kuten yllä olevista luetteloista nähdään, simulointitekniologia on ollut viime vuosina useassa hankkeessa mukana eri tasoilla. Tätä selittää osin se, että SeAMK Tekniikassa on aina pidetty simulointiosaamista yllä ja se on koettu tärkeäksi menetelmäksi erilaisten tuotannollisten toimintojen ja ympäristöjen kehittämisessä. Lisäksi osittain tätäkin päivää, mutta erityisesti lähitulevaisuutta kuvaava teollisuus 4.0 -viitekehys kuvaa simulointitekniologian melko tärkeäksi menetelmäksi ja työkaluksi joustavan ja tehokkaan valmistuksen mahdollistajana. Simulointitekniologia on ollut tuotantoympäristöjen optimoinnissa keskeinen työkalu vuosien ajan, mutta tulevaisuudessa digitalisaation kehittymisen myötä sen rooli jopa kasvaa tuotannollisten ympäristöjen kehittämisessä.

3 TUOTANTOYMPÄRISTÖJEN SIMULOINTI

Tuotantoympäristöjen simulointi on käsitteenä laaja, mutta sitä voidaan segmentoida simulointimallien käyttötarkoituksen, toiminnallisuuden ja yksityiskoh-taisuuden osalta. Tässä kappaleessa käsitellään näiden osa-alueiden vaikutusta

käytettävän ohjelmiston valintaan ja siihen millainen mallin tulisi olla, että se palvelisi käyttötarkoitusta kustannustehokkaasti.

3.1 Käyttötarkoituksen mukaiset mallit

Kuten edellä mainittiin, yritykset käyttävät simulointimalleja nykyään paljon myös myynnin tukena. Näissäkin tapauksissa voidaan käyttää joko suuntaa antavia – mutta usein visuaalisesti näyttäviä – tai toiminnallisesti hyvinkin tarkkoja malleja. Keskeisin ero näiden välillä on mallin luomiseen käytettävä aika ja kustannukset. Kevyet, visuaaliset ja suuntaa antavat laitteistomallit toimivat hyvin laitteiston tai järjestelmän toiminnallisessa yleisesittelyssä. Tällaisten mallien pohjalta toteutettuja videoanimaatioita voidaan käyttää esimerkiksi verkkosivumainonnassa. Näissä tapauksissa keskitytään enimmäkseen mallin visuaaliseen näyttävyyteen. Mikäli laitteistosta on suunnittelun aikana valmiiksi tuotetut 3D-mallit, on tällaisen mallin toteuttaminen verrattain edullista.

Kun simulointimallin avulla halutaan tarkasti todentaa tuotannon logistisia ongelmia tai toiminnallisuutta yksityiskohtaisesti, nousevat mallin luontiin liittyvät kustannukset suuremmiksi. Tämä johtuu siitä, että tällöin joudutaan visuaalisen mallin lisäksi rakentamaan mallin logistinen toiminta simulointimallia ohjaavan koodin avulla. Tämän vuoksi mallin visuaalisuus jätetään matalammalle asteelle ja panokset laitetaan mallin toiminnalliseen tarkkuuteen.

Tosin nykyään jotkin laiterakentajat ovat tuottaneet näiden ominaisuuksien hybridejä. Laitemallit ovat visuaalisesti erittäin tarkkoja, jonka lisäksi niitä voidaan ajaa loppuasiakkaiden tuotantodatalla. Tästä esimerkkinä voidaan mainita Prima Power konserniin kuuluvan, levytyökoneita valmistavan Finn-Power Oy:n toimintamalli, jossa levytyöjärjestelmistä tehtyjä tarkkoja simulointimalleja ajetaan potentiaalisen asiakkaan tuotteilla. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että asiakas toimittaa osistaan 2D-piirustukset tai 3D-mallit ja tiedon halutusta päivä-, viikko-, tai vuosikapasiteetista. Asiakkaan osista tehdään NC-ohjelmat levytyökeskukselle ja taivutettavista osista taivutusaikalaskelma. Tämän jälkeen nämä lähtötiedot syötetään simulaattoriin, jonka avulla testataan ja todennetaan tuotekohtaiset kapasiteetit. Monesti samojen osien tuotantoa testataan useilla eri järjestelmäkokoonpanolla. Tavallisesti malli sisältää kokonaisen FMS-järjestelmän sisältäen materiaalivaraston, levytyökeskuksen, taivutusautomaatin ja kappaleenkäsittelyautomaation. Yritys käyttää tarkkoja laitemalleja myös oman ja asiakkaiden henkilökunnan koulutuksissa. (Hirvelä 2018.)

3.2 Kaksi vai kolme ulottuvuutta

Aloitettaessa simulointiprojektia on syytä arvioida mallinnuksen tarkkuuden tasoa siten, että se on tarkoituksen mukainen ja vastaa simulointiprojektille asetettuihin tavoitteisiin. Usein mallinnuksen tarkkuuden tason määrittely vaikuttaa suoraan ohjelmiston valintaan, eli asiaa on syytä pohtia projektin alkuvaiheessa, ennen ohjelmistojen hankkimista.

Tyypillisesti arviointi kohdistuu siihen, luodaanko simulointi 2D- vai 3D-tilassa. 2D-simuloinnissa simuloitavat toiminnot on kuvattu ylhäältä päin ja eri toiminnallisuuselementit, kuten koneet, kuljettimet, varastot jne. perustuvat yksinkertaisiin muotoihin. 3D-simuloinnissa hyödynnetään 3D-malleja, joiden perusteella simuloinnin visuaalinen näkymä rakennetaan. Toimintalogiikka ja tietotasolla 2D-simuloinnissa voi olla yhtä paljon tai enemmänkin älyä kuin 3D-simuloinnissa. 2D-simulointia sovelletaan tyypillisesti tapauksissa, joissa visuaalisuus ei tuo lisäarvoa simuloinnin tuloksiin. 2D-simulointi on lähtökohtaisesti nopeampi rakentaa ja se soveltuu pääsääntöisesti paremmin nopeisiin kokeiluihin, koska 3D-mallinnusta tai mallien käsittelyä ei tarvitse tehdä.

Nykyään teollisuudessa suunnittelu toteutetaan usein 3D-suunniteluna, joten tuotantojärjestelmistä ja tuotteista on 3D-mallit valmiina, eikä niitä tarvitse erikseen mallintaa simulointia varten. Tämä vähentää 3D-simulointiin vaadittavan työn määrää ja parantaa 3D-simuloinnin tehokkuutta. Simulointiprojektin sidosryhmien on helpompi ymmärtää 3D-simulointia ja varsinkin niiden, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta simulointimenetelmistä. 3D-simulointi tulee olemaan suosittu menetelmä tuotantoympäristöjen simuloinnissa, mutta 2D-simuloinnilla on paikkansa ja etunsa tulevaisuudessakin.

3.3 Mallin geometrinen ja visuaalinen tarkkuus

Simulointimalli voidaan rakentaa usealle eri toiminnan tasolle. Kussakin simulointitutkimuksessa on aluksi syytä pohtia mikä tarkkuus mallissa antaa riittävän realistiset vastaukset tutkittavaan haasteeseen nähden.

Kun halutaan tutkia esimerkiksi auton moottorin robotisoitua kokoonpantavuutta, rakennetaan visuaalisesti ja geometrialtaan erittäin tarkka malli todellisesta tuotantosolusta. Tämä tarkoittaa sitä, että malli sisältää robottimallien lisäksi robotin työkalut, apulaitteet ja tietenkin kokoonpantavien osien mallit. Tällaisilla malleilla pyritään tekemään robotisoituun kokoonpantavuuteen liittyvät törmäys- ja ulottuvuustarkastelut sekä analyysiä tuotantokapasiteetista.

Jos taas ollaan tutkimassa esimerkiksi auton valmistukseen liittyvän tuotantoketjun toimintaa, rakennetaan malli sille tasolle, että alihankkijat, tuotantotehtaat tai -osastot ja asiakkaat kuvataan yksittäisinä elementteinä. Lisäksi raaka-aineet, komponentit ja valmiit tuotteet kuvataan tyyppillisesti elementteinä, jotka kuvaavat jotain tuotantoerää. Tällaisten mallien tutkimustavoitteeseen liitetään usein toimitusketjun varasto- ja toimituslogiikoiden tutkiminen.

Näiden ääripäiden väliin mahtuu luonnollisesti monta eri tasoa, joissa mallin geometrinen ja toiminnallinen tarkkuus on skaalattu järkevälle tasolle. Hyvin tyyppillinen taso on tuotanto-tehtaan simulointimalli, jossa tuotantosolut ovat mallinnettu yksittäisinä elementteinä ja raaka-aineet ja tuotteet joko erinä tai yksittäisinä elementteinä. Tuotantosolut voivat saada parametreikseen esimerkiksi seuraavia muuttujia:

- Resurssit – Montako työntekijää ja millaisia muita tuotannon tekijöitä prosessi vaatii?
- Tahtiaika – Miten kauan tuotantoprosessi kestää?
- Input – Mitä raaka-aineita ja komponentteja prosessi vaatii, että se voidaan aloittaa?
- Output – Mitä elementtejä prosessi tuottaa valmistuessaan?

4 CASE-KUVAUKSET

4.1 Visual Components

Visual Components on nykyään KUKA AG:n omistama, Espoossa pääkonttoriaan pitävä simulointiohjelmistoja ja -ratkaisuja kehittävä yritys. Visual Components perustettiin vuonna 1999 tavoitteenaan tehdä valmistuksen suunnittelusta ja simulointiteknologiasta helppokäyttöistä ja soveltuvaa eri kokoisille organisaatioille. Visual Components tarjoaa koneenrakentajille, järjestelmäintegraattoreille ja valmistajille yksinkertaisen, nopean ja kustannustehokkaan ratkaisun tuotantolinjojen suunniteluun ja simulointiin. Visual Components -ohjelmistoja käyttää sadat organisaatiot globaalisti omissa suunnittelu- ja päätöksentekoprosesseissaan. (Visual Components 2018.)

SeAMK Tekniikka on käyttänyt aktiivisesti Visual Componentsin simulointiohjelmistoja vuosien ajan omassa opetus- ja TKI-toiminnassaan. Visual Components -ohjelmistojen valmiiden laitemallien komponenttikirjasto on mahdollistanut opetuksessa sen, että opintojaksoilla saadaan nopeasti luotua näyttäviä ja havainnollistavia simuloitteja, joiden perusteella on voitu opiskella tuotantoym-

päristöjen ominaistapahtumia ja -ilmiöitä. Toisaalta ohjelmiston skaalautuvuus Python-ohjelmointirajapinnan kautta on mahdollistanut toimintojen kustomoinnin ja vaativampien toiminnallisuuksien kehittämisen. Tämä on antanut opiskelijoille mahdollisuuden syventää osaamistaan esimerkiksi opinnäytetöiden tai alueen yrityksille tehtävien projektitöiden kautta.

TKI-toiminnassa keskeisin tekijä visuaalisuuden lisäksi on ollutkin juuri se, että ohjelmointirajapinnan avulla on ollut mahdollista rakentaa lähes rajattomasti erilaisia simuloiteja. Usein TKI-hankkeisiin osallistuvien yritysten tai palvelutoiminnan asiakkaiden simuloivat tuotantoympäristöt ovat monelta osin yksilöllisiä, jolloin myös simulointiohjelmistolta vaaditaan ominaisuuksia, joilla yksilöllisten laitteiden ja järjestelmien toiminnallisuutta voidaan mallintaa. Ohjelmiston skaalautuvuus ja kehitysmahdollisuudet mahdollistavat myös soveltavan tutkimuksen, jota ammattikorkeakouluissa laajasti tehdään. Visual Componentsin tarjoama tuki ja yrityksen ketteryys on ollut myös tärkeässä roolissa, kun tapauskohtaisia haasteita on ilmennyt ja niitä on ratkottu. Urhon (2018) mukaan ”Oppilaitosten roolin merkitys korostuu entisestään suomalaisten yritysten tulevaisuuden menestystarinoissa. SeAMK on tehnyt pitkäjänteisesti erinomaista työtä simuloinnin opetuksessa ja tietoisuuden levittämisessä yrityksissä.”

SeAMK Tekniikassa Visual Components -ohjelmistojen käyttö jatkuu edelleen niin opetuksessa, kuin TKI- ja palvelutoiminnassa. Ohjelmiston 4.0-generaatio toi mukanaan tutkimuksen kannalta mielenkiintoisia ominaisuuksia, kuten fyysikkamallinnuksen ja tuen VR-laseille. Nämä ominaisuudet laajentavat edelleen simuloinnin käytettävyyttä ja realismia ja avaavat SeAMK Tekniikan TKI-toimintaan uusia mahdollisuuksia.

4.2 MSK Plast Oy

Viimeisin SeAMK Tekniikan toteuttama simulointiprojekti oli jatkumoa vuonna 2011 toteutetulle simulointiprojektille. Simulointiprojekti toteutettiin vuosien 2017–2018 vaihteessa Kauhavan Ylihärmässä sijaitsevalle MSK Plast Oy:lle. MSK Plast Oy on yksi MSK Group Oy -konsernin neljästä tytäryhtiöstä. MSK Plast Oy on yksi Suomen johtavista muoviosien sopimusvalmistajista. Yrityksen palveluihin kuuluvat myös muovin osakokoonpano, pintakäsittely, pursotustiivistys, testaus ja tarkistus sekä logistiset palvelut. (MSK Plast, [viitattu 20.3.2018].)

Vuonna 2011 toteutetussa simulointiprojektissa tutkittiin ketjurataan perustuvan maalaamon ohjaustapoja, tuotemixin ja vaunumäärän vaikutusta läpimenoon ja lisälaiteinvestointien kannattavuutta. Maalaamosta luotiin parametrinen 3D-simulointimalli Visual Components 3DCreate -ohjelmistolla, jonka avulla oli

mahdollista nähdä eri tuotantoparametrien vaikutus läpimeneon ja hakea parametrien muutoksilla optimaalisia arvoja. Koko järjestelmän kattava 3D-simulointi mahdollisti tehokkaan tavan tutkia maalaamon tuotantoa kokonaisuutena, jolloin mahdolliset pullonkaulat ja muut ongelmat on mahdollista havaita simulointia ajettaessa. 3D-simulointimalliin rakennettu parametrisuus mahdollisti tuotannollisten haasteiden ratkaisemisen ilman simulointimallin merkittävää lisäkehitystyötä.

Vuosien 2017–2018 vaihteessa MSK Plast Oy halusi testata 3D-simuloinnin avulla maalaamon laajennusmahdollisuuksia ja niiden vaikutuksia tuotannon tehokkuuteen. Tavoitteena oli lisätä rinnakkainen toiminnallisuus aiemmin toteutettuun maalaamo-simulaatioon. Aiemmin tehtyä 3D-simulointimallia voitiin hyödyntää SeAMK Tekniikassa säilyneen osaamisen ja edelleen käytössä olevien Visual Components -ohjelmistojen ansioista. Maalaamon laajennus rakennettiin aiempaan 3D-simulointimalliin siten, että aiemmat toiminnot toimivat edelleen ja uudet toiminnot liittyivät vanhaan järjestelmään. Näin pystyttiin arvioimaan laajennuksen kokonaisvaikutuksia sen ollessa täysin integroitu aikaisempaan 3D-simulointiin. Männistö (2018) toteaa simulointiprojektista seuraavaa ”Simulaation eri versioiden avulla pystyimme havaitsemaan mahdolliset pullonkaulat ja saimme selville läpimenomäärät.”

Hyvin toteutettu ja dokumentoitu simulointiprojekti mahdollistaa jatkumon siten, että aiemmin toteutettuihin projekteihin voidaan palata ja niihin voidaan tehdä muutoksia tai laajennuksia jopa vuosia myöhemmin. Tässäkin tapauksessa ensimmäisen vaiheen toteutti eri tekijä kuin toiseen vaiheeseen. Tilanteesta hyötyvät niin asiakas, kuin toteuttajakin, koska koko projektia ei tarvitse aina aloittaa alusta.

5 ERGONOMIASIMULOINTI

Ihmisten tekemät työvaiheet ovat usein keskeinen osa tuotantoprosesseja. Näitä on yleensä pidetty haastavampana simulointikohteina verrattuna automatisoituun tuotantoon, johtuen inhimillisistä muutoksista tuotantovauhdissa ja laadussa. Tällöin joudutaan turvautumaan usein keskiarvoihin tai arvioihin. Jotain kuitenkin ihmistenkin työssä voidaan simuloida erittäinkin tarkasti: Työvaiheiden ergonomiamallinnus alkaa nousta esiin myös SeAMKin opetus- ja palvelutoiminnassa. Tähän ovat vaikuttaneet nykyisten simulointiohjelmistojen tarjoamat mahdollisuudet tämän tyyppiseen toimintaan.

Syksyllä 2017 SeAMK Tekniikassa järjestettiin Tuotantoprosessien suunnittelu -kurssi, jossa opiskelijat mallinsivat MäkeläAlu Oy:n ihmistyövaiheita sisältäviä tuotantoprosesseja Process Simulate -ohjelmistolla. Keskeisiä, ihmisten tekemiä

toimintoja näissä malleissa oli erilaiset kappaleiden siirrot ja ripustukset esimerkiksi maalaustelineisiin. Process Simulaten Human -mallit perustuvat kansainvälisesti hyväksytyihin ergonomiamalleihin, joista esimerkkinä voidaan mainita OWAS-ergonomiatyökalu, jota hyödynnettiin myös MäkeläAlu Oy:lle tehdyissä malleissa. OWAS (Ovako Working posture Assessment System) kehitettiin suomalaisessa Ovako Oy:ssä jo 1970-luvun alulla (Karhu, Kansi & Kuorinka 1977). OWAS on edelleen laajalti kansainvälisesti käytössä oleva työergonomian validointimenetelmä. Karhun ym. (1977) mukaan OWAS esittää yleisimmät työasennot selälle, käsille ja jaloille. Lisäksi se huomio käsiteltävät kuorman vaikutuksen työergonomiaan. Mallien avulla tutkittiin, millaiset työskentelyasennot ja -liikkeet kuormittivat ihmiskehoa vähiten tai oliko työskentelytapaa hyödyllistä muuttaa määrääjain, jolloin kuormitus tasaantuu pitkällä aikavälillä molemmille raajoille. Mallit esiteltiin pilottisolun työntekijöille ja työnjohtajille. Matemaattisista malleista koettiin olevan hyötyä, koska se toi tiettyä konkretiaa mahdollisista ergonomisista riskeistä. Haasteena ergonomiasimuloinnissa on vielä ohjelmistojen verrattain vähäinen automaatio. Esimerkiksi ihmismallin tarttumisen mallintaminen vaikkapa työkaluun tietyllä otteella ja erityisesti työkalun käytön mallintaminen on työlästä ja aikaa vievää. Nämä ominaisuudet tulevat varmasti paranemaan tulevien vuosien aikana.

6 YRITYSVERKOSTOJEN SIMULOINTI

6.1 Miksi yritysverkostoja simuloidaan

Valmistavassa teollisuudessa simulointi koskee tyypillisesti tehdas-, tuotantolinjat tai solu-tason kokonaisuuksia. Simulointitekniikka mahdollistaa myös laajempien kokonaisuusien tarkastelun, kuten toimitusketju tai -verkostotasoisten kokonaisuusien simuloinnin. Thierryn, Thomaksen ja Belin (2008, 6) mukaan simulointi vaikuttaakin olevan ainoa keino toimitusketjujen laajuisten kokonaisuusien mallintamiseen ja analysoimiseen. Heidän mukaansa toimitusketjujen simuloinnilla voidaan hakea ratkaisuja toimitusketjujen suunnitteluvaiheessa (toimijoiden sijainnit, toimijoiden valinnat, toimijoiden kapasiteetit jne.) tai toimitusketjujen ohjaussääntöjen (toimijoiden ja resurssien ohjaussäännöt, yhteistyön taso jne.) määrittelyvaiheessa. Campuzanon ja Mulan (2011, 4) mukaan toimitusketjujen simuloinnilla on olemassa muutamia keskeisiä tavoitteita, joita he listaavat seuraavasti:

- Toimitusketjujen toiminnan, prosessien ja keskeisten ongelmien ymmärtäminen
- Toimitusketjujen kehittäminen ja kehitysideoiden validointi

- Toimitusketjujen vaihtoehtoisten ohjauspäätösten testaus ilman oikean toimitusketjun häirintää
- Toimitusketjujen johtamisen tukeminen strategisten, taktisten ja operationaalisten päätösten yhteydessä.

6.2 Tapahtumapohjainen simulointi toimitusketjujen tarkastelussa

Toimitusketjujen simuloinnin voi toteuttaa eri menetelmillä, joita Campuzanon ja Mulan (2011, 5) mukaan ovat taulukkolaskentaan perustuvat menetelmät, systeemidynamiikka ja tapahtumapohjaiset menetelmät. Lisäksi ihmisen päätöksentekoa voidaan mallintaa myös erityisten bisnespelien avulla. SeAMK Tekniikka on ollut osatoteuttajana Vaasan yliopiston hallinnoimassa Vertti-hankeessa (ESR), jossa yhtenä toimenpiteenä oli toimitus- ja jakelu-verkoston tuottavuuden ja tehokkuuden mittaaminen ja optimointi simuloimalla. Hankkeessa simuloitiin useamman eri yrityksen eri tyyppisiä verkostoja käyttäen tapahtumapohjaista simulointimenetelmää. Simuloinnit toteutettiin pääasiassa Siemens Plant Simulation -ohjelmistolla.

Hankkeesta saatujen kokemusten perusteella toimitusketjutasoisten kokonaisuusien simulointi noudattaa melko paljon perinteisempää tuotannon simulointiprosessia. Toimitusketjun ollessa huomattavasti laajempi kokonaisuus on työhön varattava enemmän aikaa tai vastaavasti kohdennettava simulointityö tarkemmin. Myös vähemmän merkityksellisten toimintojen tai resurssien toiminnallisuuksien mallinnustasoa voidaan alentaa siten, että esim. varastoresurssin kaikkia sisäisiä toimintoja (vastaanotto, varastointi, keräily, lähetys) ei mallinneta, vaan resurssilla on materiaalivirralla vain sisään- ja ulostulo. Toimitusketjujen simuloinnissa lähtötiedot ovat myös tärkeässä roolissa lopputulosten luotettavuuden kannalta, joten on tärkeää ennen simulointiprojektin aloittamista varmistaa, että tarvittavat tiedot ovat saatavilla jokaiselta toimitusketjun toimijalta. Hyvät lähtötiedot helpottavat simulointityötä ja ovat usein koko projektin ydin. Simulointiprojektit ovat usein hyvin tapauskohtaisia, riippumatta tarkasteltavan kokonaisuuden laajuudesta. Tästä syystä jokaisella projektilla on omat ominaispiirteensä ja haasteensa. Jokaiseen projektiin on syytä valita siihen soveltuva simulointimenetelmä ja kohdentaa simulointityö siten, että projektille asetetut tavoitteet on mahdollista saavuttaa.

7 TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

7.1 Virtual Commissioning

Virtual Commissioning on termi, jolla tarkoitetaan fyysisen tai virtuaalisen ohjainlaitteen liittämistä graafiseen laitemalliin. Tällöin ohjainlaite kerää tietoa laitemallin tilasta sekä ohjaa mallia ohjaimelle luodun ohjelman ja mallista kerätyn tiedon perusteella. Tällaisessa sovelluksessa vain fyysinen laite on korvattu virtuaalisella mallilla. Lisäksi nykyään myös fyysinen logiikkaohjain voidaan korvata virtuaalisella ohjaimella. Tällöin logiikkaohjelman testaamiseen riittää käytännössä yksi tietokone. Systemin keskeisimmät elementit ovat itse simulointimalli, fyysinen tai virtuaalinen logiikkaohjain (joka sisältää logiikka ohjelman) ja OPC-palvelin. OPC-palvelimen tehtävänä on toimia rajapintana mallin ja ohjaimen välillä. Se siis vastaanottaa tietoja simulointimallin antureilta ja välittää ne edelleen logiikkaohjaimelle. Samalla tavalla se toimii tiedon välittäjänä ohjaimelta mallin toimilaitteille. SeAMK Tekniikassa on tehty tämän tyyppisiä kokeiluja jo lähes 15 vuoden ajan. Usein systemin rakentaminen ja on vienyt runsaasti aikaa ja vaatinut perinpohjaista perehtymistä asiaan. Lisäksi on jouduttu koodaamaan omia rajapintoja mallien ja ohjainlaitteiden välillä. Tämän voidaankin olettaa olevan suurin syy siihen, että tämän tyyppinen testaaminen ei ole yleistynyt esimerkiksi järjestelmätoimittajien keskuudessa.

Kuitenkin aivan viime vuosien aikana on havaittu selkeitä kehitysaskelia laite- ja ohjelmistotoimittajien panostuksessa logiikkaohjainten kytkettävyydessä virtuaalimalleihin. Tekniikan yksikössä on kirjoitushetkellä käytössä jo kolme ohjelmistoa, jotka sisältävät valmiit toiminnot I/O-käskyjen välittämiseen logiikkaohjaimen ja mallien välillä. Seuraavassa esimerkki työvaiheista Siemensin NX Mechatronics Concept Designer (MCD) -ohjelmistolla toteutetun sovelluksen rakentamisesta.

Simuloitavasta laitteesta on usein luotu tarkka 3D-mallinnus jo mekaniikkasuunnittelun yhteydessä. Mikäli mekaniikkasuunnitteluun on käytetty jotain muuta suunnitteluohjelmistoa, voidaan mallit tuoda MCD-ohjelmistoon universaalissa CAD-formaatissa. Tämän jälkeen malliin määritellään ne osakokonaisuudet, joihin halutaan painovoiman vaikuttavan. Lisäksi määritellään elementit, jotka halutaan tunnistavan geometrioiden törmäyksiä. Seuraava vaihe on mallin kinematiikan rakentaminen. Tällä tarkoitetaan laitteiston nivelten ja liikerajojen määrittelyä. Nyt on valmiina laitteen mekaaninen simulointimalli. Kuten fyysisessäkin koneenrakennuksessa, tässä vaiheessa siirrytään automaation rakentamisen. Käytännössä se tarkoittaa laitteen anturointia ja toimilaitteiden määrittämistä. MCD-mallissa voidaan helposti määrittää anturit ja niiden tunnistusominaisuudet. Lisäksi anturien signaalit tulee parittaa OPC-palvelimen kautta logiikan tulosignaaleihin. Myös mallin toimilaitteille paritetaan signaalit, joilla niitä logiikasta ohjataan.

7.2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuusteknologia on nykyään kaikkien saatavilla virtuaalitodellisuuslasien yleistymisen, teknologisen kehityksen ja kohtuullisen hintatason ansiosta. Virtuaalitodellisuus on tullut myös osaksi simulointitekniologiaa ja osa simulointiohjelmistoista tukee nykyään suoraan eri valmistajien VR-laseja (Virtual Reality). Simulointiohjelmistoihin yhdistetty VR-teknologia antaa virtuaalisen mahdollisuuden käyttäjälle astua simuloituun ympäristöön tarkastelemaan simulaation tapahtumia. Virtuaalitodellisuudessa voidaan tarkastella suunniteltua ympäristöä todellisessa koossa, jolloin katsoja saa paremman käsityksen ympäristöstä. Virtuaalillassa on mahdollisuus vuorovaikutukseen ympäristön laitteiden, kuten robotin kanssa. Tämä mahdollistaa nykyään jopa robottiohjelmoinnin virtuaaliympäristössä.

Globaaleilla markkinoilla valmistajien, järjestelmäintegraattoreiden ja muiden sidosryhmien on päästävä käyttämään samaa suunnitteludataa ajasta ja paikasta riippumatta. 3D-simulointitekniologia itsessään voi toimia eri sidosryhmille yhdistävänä ja kommunikointia helpottavana elementtinä sen visuaalisuuden ansiosta. Tähän lisätty virtuaalitodellisuus lisää edelleen mahdollisuuksia tehostaa suunnitteluprosessia, jolloin suunniteltu tuote tai tuotantoprosessi on entistä valmiimpi ja toimivampi käyttöönottoaiheessa. Tulevaisuudessa virtuaalitekniologia mahdollistaa useamman käyttäjän pääsyn samaan simuloituun ympäristöön verkon yli, jolloin käyttäjät näkevät toisensa virtuaalillassa ja voivat kommunikoida siellä keskenään. Tämä tuo erilaisten tuotannollisten ympäristöjen suunnitteluun mielenkiintoisia mahdollisuuksia globaalillakin tasolla tehostaen yhteistyötä eri sidosryhmien välillä huomattavasti.

LÄHTEET

Campuzano, F. & Mula, J. 2011. Supply chain simulation: A system dynamics approach for improving performance. London: Springer.

Hirvelä, H. 2018. Application Engineer. Finn Power Oy. Haastattelu 29.3.2018.

Jumppanen, A. & Riukulehto, S. 2015. Puskasta Framille: Viisikymmentä vuotta tekniikan koulutusta Seinäjoella. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 112.

Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. 1977. Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. Applied ergonomics 8 (4), 199-201.

Männistö, T. 4.4.2018. Kehitysinsinööri. MSK Plast Oy. Tiedustelu artikkelista. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Toni Luomanmäki.

MSK Plast. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. MSK Plast Oy. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <https://www.mskplast.fi>

Shannon, R. 1998. Introduction to the art and science of simulation. Texas A&M University. Proceedings Of The 1998 Winter Simulation Conference.

Thierry, C., Thomas, A. & Bel, G. 2008. Simulation for supply chain management. London: ISTE: Hoboken, NJ: Wiley.

Urho, M. 4.4.2018. Myyntijohtaja. Visual Components Oy. Tiedustelu artikkelista. [Henkilökohmainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Toni Luomanmäki.

Visual Components. 2018. Our story. [Verkkosivu]. Visual Components Oy. [Viitattu 22.3.2018]. Saatavana: <https://www.visualcomponents.com>

PDM-, ERP- JA MES-JÄRJESTELMIEN INTEGRAATIO

*Hannu Hakalahti, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka*

1 JOHDANTO

Seinäjoen ammattikorkeakoulun teollisen internetin laboratorio toimii teollisen valmistuksen tutkimus-, pilotointi- ja oppimisympäristönä tekniikan alan opiskelijoille. Laboratoriossa on Feston valmistama pienimuotoinen tuotantolinja, joka koostuu varasto-, työkalu- ja robottisolumuodullista.

Yhtenä teollisen internetin laboratorion kehittämishankkeen (Kyberi, Kyberfyysinen testausympäristö) tavoitteena oli yhdistää edellä mainittu Feston tuotantolinja digitaaliseen valmistukseen liittyviin tietojärjestelmiin: tuotetiedonhallintajärjestelmään (PDM), toiminnanohjausjärjestelmään (ERP) ja tuotannonohjausjärjestelmään (MES). Päämääränä oli integroida nämä tietojärjestelmät siten, että tietoa voitaisiin liikuttaa järjestelmien välillä automaattisesti.

Laboratoriossa toimiva PDM-järjestelmä on Teamcenter 10, ERP-järjestelmänä toimii avoimen lähdekoodin Odoo 10 ja MES-järjestelmänä Feston tuotantolaitoksensa mukana toimittama MES4-ohjelmisto. Koska nämä ohjelmat eivät oletusarvoisesti kommunikoi keskenään, oli tietojärjestelmien integraatio toteutettava Kyberi-hankkeen aikana kehitettyjen Python-sovellusten avulla. Näistä sovelluksista pyrittiin tekemään sellaisia, että opiskelijat pystyisivät tekemään vastaavia ohjelmia omissa projekteissaan.

Artikkelissa käydään lyhyesti läpi kukin tietojärjestelmä ja kerrotaan, kuinka näiden tietojärjestelmien välinen integraatio toteutettiin käytännössä teollisen internetin laboratoriossa.

2 YRITYKSEN TIETOJÄRJESTELMÄT

2.1 Tuotetiedonhallintajärjestelmä, PDM

PDM (Product Data Management) on tuotetiedon hallintaan tarkoitettu, koko yrityksen kattava tietojärjestelmä ja se tarjoaa yrityksille mahdollisuuden hallita teollisesti

valmistettavaa tuotetta koko sen elinkaaren ajan (Sääksvuori & Immonen 2002).

PDM-järjestelmälle tyypillisiä ominaisuuksia ovat nimikkeiden hallinta, tuoterakenteen hallinta ja ylläpito, käyttöoikeuksien hallinta, dokumenttien ja nimikkeiden tilan eli statuksen ylläpito, tiedonhaku, muutosten hallinta, konfiguraation hallinta, viestien hallinta, tiedostojen/dokumenttien hallinta, tiedon katoamisen esto, varmuuskopioiden hallinta, lokikirjanpito ja tietoholvi (Sääksvuori & Immonen 2002).

Tuotetiedonhallintajärjestelmää käyttävät yrityksessä tuotekehitys ja suunnittelu, hankintatoimi ja osto, myynti ja markkinointi, alihankkija- ja yhteistyökumppanit sekä jälkimarkkinat eli käytännössä huolto. Suunnittelu on tärkein edellä mainituista sovellusalueista. (Sääksvuori & Immonen 2002.)

Tuotetiedolla tarkoitetaan käytännössä valmistettavaan tuotteeseen liittyvää tietoa, jotka voidaan jaotella määrittely-, elinkaari- ja metatietoihin. Määrittelytiedot määrittävät yksikäsitteisesti tuotteen fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet. Elinkaaritiedot liittyvät puolestaan teknologiatutkimukseen, tuotesuunnitteluun ja tuotteen valmistamiseen, käyttöön, huoltoon, ja hävittämiseen sekä viranomaismääräyksiin. Metatieto on informaatiota siitä, missä muodossa tieto on, mistä tietovarastosta se löytyy, kuka sen on tallentanut ja milloin. (Sääksvuori & Immonen 2002.)

Tuotetietoihin liittyy kiinteästi osaluettelo, josta käytetään usein englanninkielistä termiä Bill of Materials (BOM). Osaluettelo on tyypillisesti valmistuksen käyttämä yksitasoinen lista tuotteen valmistukseen tarvittavista komponenteista. Koska nykyään osa valmistettavan tuotteen komponenteista valmistetaan alihankintana, on yrityksen kilpailukyvyyn kannalta tärkeää, että tuotetiedot kulkevat verkottuneiden yritysten välillä nopeasti, virheettömästi ja automaattisesti. (Sääksvuori & Immonen 2002.)

Kaksi yleisintä tapaa integroida tietojärjestelmiä ovat siirtotiedosto ja tietokantaintegraatio. Siirtotiedoston hyviä puolia ovat muun muassa toteutuksen helppous, keveys ja edullisuus sekä muutosten teon helppous siirrettävän tiedon määrittelyihin. Huonoja puolia ovat kuitenkin hitaus ja toimimattomuus reaaliajassa, tiedon replikointi useaan tietokantaan, siirtotiedostojen ajastuksen manuaalisuus, sekä siirtotiedostojen hallinnan raskaus. (Sääksvuori & Immonen 2002.)

2.2 Toiminnanohjausjärjestelmä, ERP

ERP (Enterprise Resource Planning) eli toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen liiketoiminnan ydin ja se on suunniteltu yrityksen toiminnan ja resurssien suunnitteluun ja hallintaan. Nykyaikaiset ERP-järjestelmät ovat modulaarisia ja

ne voivat sisältää monia osia kuten kirjanpidon, laskutuksen, varastonhallinnan, tuotannonohjauksen, prosessien hallinnan, materiaalien hallinnan ja resurssien hallinnan. Yritykset voivat siten muodostaa tarjolla olevista moduuleista kokonaisuuden, joka sopii yrityksen omiin tarpeisiin kaikkein parhaiten. (Accountor, [viitattu 5.3.2018].)

ERP-järjestelmä hyödyttää yritystä lisäämällä yrityksen tehokkuutta toiminnallisesti ja taloudellisesti. Keskittämällä tietoja eri toiminnoista samaan paikkaan saadaan yrityksen toiminnasta reaaliaikaista tietoa, jota yrityksen eri osastot voivat käyttää hyväksi omassa toiminnassaan. Reaaliaikainen tieto nopeuttaa päätöksentekoa, kun tiedetään missä resursseja tarvitaan ja mistä niitä voidaan vähentää. ERP-järjestelmässä tarvittava tieto on saatavilla kaikille yrityksen työntekijöille. Kenttätyöntekijä saa ERP-järjestelmästä omaa työtään koskevaa tärkeää tietoa ja johto puolestaan kattavat raportit yrityksen koko liiketoiminnasta. (Accountor, [viitattu 5.3.2018].)

Toiminnanohjausjärjestelmä voidaan asentaa yrityksen omalle palvelimelle tai se voi toimia pilvipalveluna, jota käytetään selainpohjaisesti. Omalla palvelimella ylläpidettävä ERP-järjestelmä edellyttää yrityksen IT-resursseja ja laiteinvestointeja. Pilvessä toimiva toiminnanohjausjärjestelmä sen sijaan siirtää järjestelmän ylläpito- ja päivitysvastuun pilvipalvelun tarjoajalle. Erona paikalliseen ERP-järjestelmään, pilvipalveluun kirjaututaan selaimen kautta, mikä vaatii toimiakseen internet-yhteyden. (ite wiki, [viitattu 5.3.2018].)

2.3 Tuotannonohjausjärjestelmä, MES

MES (Manufacturing Execution System) eli tuotannonohjausjärjestelmä on tuotteen valmistukseen liittyvä tietojärjestelmä. Tuotannonohjausjärjestelmän eri osa-alueita ovat muun muassa tuotantotilausten valmistelu ja hallinta, tuotannon yksityiskohtainen ajastaminen, tuotannon reaaliaikainen seuranta, valvonta ja optimointi, tarvittavien toimenpiteiden suorittaminen mahdollisten virhetilanteiden tapahtuessa, tuotannollisen datan kerääminen ja tallentaminen tietokantaan, tuotantodatan analysointi ja lähetys toisiin tietojärjestelmiin, sekä erilaiset raportit tuotannosta. (Scholten 2009.)

Hyvin suunniteltu MES-järjestelmä toimii reaaliaikaisesti ja auttaa yritystä reagoimaan tuotannossa tapahtuviin muutoksiin, joita voivat olla laiterikot, työntekijöiden poissaolot, muuttuvat asennus-, prosessi-, toimitus-, siivous- ja huoltoajat, laatuongelmat, muuttuvat tuotantosuunnitelmat ja osalistat, sekä kuljetuksen ja raaka-aineiden saatavuus. (Mosesian 2017.)

3 TIETOJÄRJESTELMIEN INTEGRAATIO TEOLLISEN INTERNETIN LABORATORIOSSA

3.1 Integraation kokonaiskuva

PDM-järjestelmänä toimivaan Teamcenteriin on lisätty Feston tuotantolinjalla valmistettavien tuotteiden kaikki komponentit, joista opiskelijat voivat suunnitella oman tuotevariaationsa Teamcenterin avulla. Teamcenteriä käytetään uuden tuotevariaation suunnittelun ohella tuotteen tuotetietojen ja osaluettelon muodostamiseen.

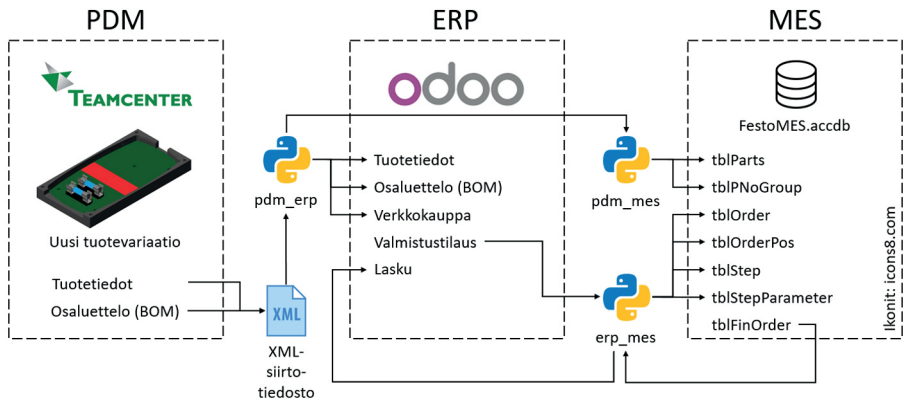
Odo ERP-järjestelmästä on mahdollista muodostaa haluttu kokonaisuus eri moduulien avulla. Kyberin-hankkeessa käytettyyn Odooseen asennettiin varastohallinta-, myynti-, laskutus- ja verkkokauppa-moduulit. Näistä moduuleista verkkokaupalla on erityisen tärkeä rooli, sillä siellä voidaan myydä Teamcenterillä suunniteltuja tuotteita. Kaikki Odoossa olevat tiedot, kuten varastossa olevat tuotteet, niiden osaluettelot, tilaukset, laskut ja yms. tallentuvat Odoon asennuksessa mukana tulevaan PostgreSQL-tietokantaan. Odoon ja sen verkkokauppaa voidaan käyttää selainpohjaisesti ammattikorkeakoulun sisäisessä verkossa.

Feston MES4 kommunikoi tuotantolinjalla olevien Siemensin ja Beckhoffin ohjelmoitavien logiikoiden kanssa TCP/IP-viestien välityksellä, minkä lisäksi se pitää kirjaa tuotannosta tallentamalla tuotannosta kerättyä dataa Access-tietokantaan. Tuotannollista dataa ovat tässä tapauksessa muun muassa komponenttien varastotilanteet ja aikaisemmin tehtyjen tilausten historiatiedot. Ohjelman avulla voidaan tehdä tuotteiden valmistus- ja purkutilauksia, seurata tuotantoa reaaliaikaisesti ja hylätä virheelliset tilaukset.

Tietojärjestelmien integraatiota ei ollut mahdollista toteuttaa yhdellä yhteisellä tietokannalla, koska Odo ja MES4 on suunniteltu käyttämään eri tietokantoja (PostgreSQL ja Access). Myös siirtotiedoston käytössä oli omat rajoituksensa, sillä sekä Odoosta että MES4-ohjelmasta puuttui ominaisuus siirtotiedostojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Siirtotiedoston käyttäminen toteutui kuitenkin osittain PDM-ERP-integraatiossa, sillä tuotteen tuotetiedot ja osaluettelo saatiin vietyä ulos PDM-järjestelmästä XML-tiedostona.

Näin ollen ainoaksi vaihtoehdoksi jäi kehittää omat sovellukset tietojärjestelmien väliseen integraatioon. Ohjelmointikieleksi valittiin Python 3, koska Odoon omalle www-pohjaiselle ohjelmointirajapinnalle löytyi dokumentaatio Pythonille ja Pyt-

hön on helposti opittavana ohjelmointikielenä ideaalinen valinta opiskelijoiden kannalta. Tietojärjestelmien integraatiota hoitavien sovellusten dokumentaatioon kiinnitettiin erityistä huomiota, jotta opiskelijoilla olisi mahdollisimman helppoa ottaa niistä mallia omiin sovelluksiinsa.



Kuvio 1. Tietojärjestelmien integraation tekninen toteutus.

Tietojärjestelmien integraatio jaettiin kolmeen osaan siten, että kukin kolmesta Python-ohjelmasta, `pdm_erp`, `pdm_mes` ja `erp_mes`, hoitaa nimensä mukaista integraatioprosessia (Kuvio 1). PDM-ERP-integraatiossa käytetään lisäksi hyväksi XML-siirtotiedostoa, kuten aikaisemmin jo todettiin. Seuraavissa luvuissa käsitellään kutakin tietojärjestelmien integraation osa-aluetta hieman tarkemmin.

3.2 PDM-ERP -integraatio

Teollisen internetin laboratoriossa oleva, kolmesta moduulista koostuva Feston tuotantolinja kykenee kokoamaan ja purkamaan kännykkää imitoivia tuotteita, jotka koostuvat seuraavista komponenteista:

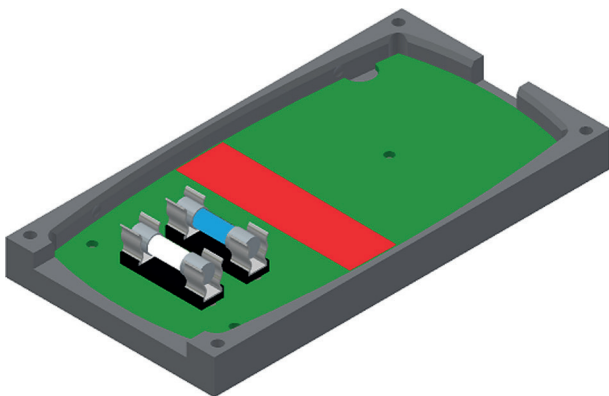
- takakansi, 4 väri vaihtoehtoa: musta, sininen, harmaa, punainen
- piirilevy, 3 väri vaihtoehtoa: vihreä, sininen, punainen
- vasen sulake, 4 vaihtoehtoa: ei mitään, normaali, sininen, punainen
- oikea sulake, 4 vaihtoehtoa: ei mitään, normaali, sininen, punainen.

Kyseisistä komponenteista on mahdollista tehdä $4 \times 3 \times 4 \times 4 = 192$ erilaista tuotevariaatiota. Kun tuotteeseen lisätään etukansi, jolla on samat 4 väri vaihtoehtoa kuin takakannen tapauksessa, eri vaihtoehtojen määräksi tulee 768. Käytännössä kaikki tuotteet suunniteltiin ja valmistettiin kuitenkin ilman etukantta.

Tuotteille annetaan suunnitteluvaiheessa viisinumeroinen tuotenimi, josta käy ilmi tuotteen tuoterakenne eli käytännössä komponenttien väri:

- 1. numero: takakansi: 2 = musta, 3 = sininen, 4 = harmaa ja 5 = punainen
- 2. numero: piirilevy: 1 = vihreä, 3 = sininen ja 5 = punainen
- 3. numero: vasen sulake: 0 = tyhjä, 1 = normaali, 3 = sininen ja 5 = punainen
- 4. numero: oikea sulake: 0 = tyhjä, 1 = normaali, 3 = sininen ja 5 = punainen
- 5. numero: etukansi: 0 = ei kantta, 2 = musta, 3 = sininen, 4 = harmaa ja 5 = punainen.

Esimerkiksi tuotenimi 45130 vastaa tuotetta, jolla on harmaa takakansi, punainen piirilevy, normaali vasen sulake, sininen oikea sulake, eikä etukantta (Kuvio 2).



Kuvio 2. Tuote 45130

Uuden tuotevariaation suunnittelu alkaa, kun tuote luodaan PDM-järjestelmään. Teamcenter antaa valmistettavalle tuotevariaatiolle juoksevan ID-numeron, eli niin sanotun Teamcenter ID -numeron.

Kun tuote on luotu Teamcenteriin, sen osaluettelon tekemiseen käytetään Teamcenterin Structure Manager -työkalua. Tuotekokoonpanoon lisätään tarvittavat komponentit samassa järjestyksessä kuin tuotantolinjallakin: takakansi, piirilevy, vasen sulake ja oikea sulake. Kun komponentit on lisätty, valmis kokoonpano tallennetaan.

Uuden tuotteen tiedot on siirrettävä ensinnäkin ERP-järjestelmään, jotta uutta tuotetta voidaan myydä asiakkaille Odoon verkkokaupassa, ja toiseksi MES-järjestelmään, jotta uusi tuote voidaan valmistaa Feston tuotantolinjalla.

Siemens Osakeyhtiön ja Siemens PLM Softwaren suomalainen kumppani IDEAL PLM lisäsi Teamcenteriin mahdollisuuden viedä tuotetiedot ja osaluettelon ulos ohjelmasta XML-siirtotiedostona. Ulosvietäviä tuotetietoja ovat muun muassa tuotteen Teamcenter ID -numero, viisinumeroinen tuotenimi, tuotteen revisio, muokauspäivämäärä, kuvaus ja suunnittelijan tunnus. XML-siirtotiedosto tallentuu pienen viiveen jälkeen verkkolevyllä olevaan kansioon.

Kyberin-projektissa kehitetty pdm_erp-ohjelma skannaa kyseistä kansiota tietyn väliajoin. Havaitessaan uuden XML-siirtotiedoston, ohjelma lukee siitä tarvittavat tiedot ja luo niiden perusteella uuden tuotteen ja sen osaluettelon ERP-järjestelmän omaan PostgreSQL-tietokantaan. Lisäksi tuote julkaistaan verkkokaupassa, jossa se on asiakkaiden ostettavissa. Nämä toimenpiteet tehdään XML-RPC protokollaa ja Odoon omaa www-pohjaista ohjelmointirajapintaa hyödyntäen (Odoon, [viitattu 2.3.2018]).

XML-siirtotiedoston mukana ei siirry kuvaa tuotteesta, joten kuvan siirtämiseksi ERP-järjestelmään kehitettiin oma ratkaisu. Jokaisesta 192:sta eri tuotevariaatiosta tehtiin oma kuvatiedostonsa, joka nimettiin tuoterakennetta vastaavalla viisinumeroisella tuotenimellä. Esimerkiksi aiemmin mainitun tuotteen 45130 tuotokuva on tallennettu kuvatiedostoon 45130.png. pdm_erp-ohjelma muuntaa tuotetta vastaavan kuvatiedoston ja lähettää sen ERP-järjestelmään muiden tuotetietojen ohella.

Kun kaikki tiedot on siirretty ERP-järjestelmään, pdm_erp-ohjelma kutsuu toista Python-ohjelmaa (pdm_mes), joka lisää tuotteen MES-järjestelmään. Kyseistä ohjelmaa käsitellään tarkemmin luvussa 3.3.

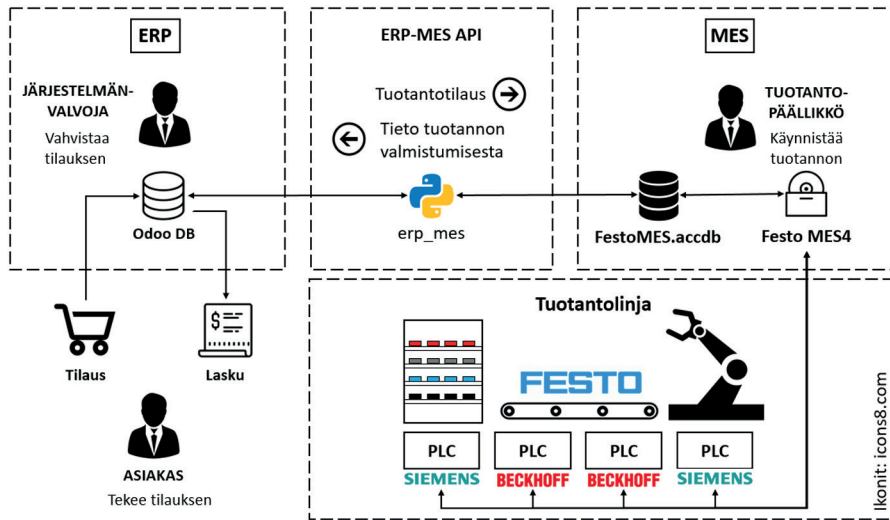
Kun tarvittavat toimenpiteet on tehty, pdm_erp-ohjelma siirtää luetun XML-siirtotiedoston arkistoitavien siirtotiedostojen kansioon. Jos XML-siirtotiedosto sisältää virheellistä tietoa kuten esimerkiksi väärin muodostetun tuotenimen, ohjelma siirtää sen virheellisten siirtotiedostojen kansioon. Virheellisten tuotetietojen tapauksessa uutta tuotevariaatiota ei luonnollisesti lisätä ERP- ja MES-järjestelmiin.

3.3 PDM-MES -integraatio

Uuden tuotevariaation lisäys MES-järjestelmään eli käytännössä Access-tietokantaan tapahtuu pdm_mes nimisen Python-ohjelman toimesta. Ohjelma vastaanottaa pdm_erp-ohjelmalta tuotteen viisinumeroisen tuotenimen, Teamcenter ID -numeron ja tuotteen kuvauksen. Näiden tietojen avulla muodostetaan tarvittavat arvot, jotka kirjoitetaan kahteen Access-tietokannan tauluun: tblParts ja tblPNoGroup (Kuvio 1).

Ensin mainittu taulu sisältää tuotteen tuotenumeron, nimen, tyyppin, kokoonpanossa käytettävän ohjelman numeron ja tuotekuvan tiedostopolun. Jälkimmäinen taulu puolestaan sisältää tiedon tuotteen väriyhmästä ja tuotenumeron. Väriyhmän perusteella Feston tuotantolinjan hissi osaa nostaa valmiin tuotteen varaston oikealle hyllylle. Sen sijaan, että tuotetta vastaava kuvatiedosto lähetettäisiin MES-järjestelmään, pdm_mes kirjoittaa tietokantaan tiedostopolun, josta oikea tuotekuva löytyy.

3.4 ERP-MES -integraatio



Kuvio 3. ERP-MES -integraatio.

ERP-MES integraatio lähtee liikkeelle siitä, kun asiakas tilaa tuotteen/tuotteita Odoon verkkokaupasta. Odoon kirjaa asiakkaan tilauksen ja antaa sille oman yksilöllisen ID-numeron. Kyberihankkeen aikana Odoon lähdekoodia muokattiin siten, että samalla kun Odoon järjestelmänvalvoja hyväksyy asiakkaan tekemän tilauksen, Odoon lähettää tilauksen ID-numeron, sekä tilatun tuotteen tuotenumeron ja kappalemäärän erp_mes nimiselle Python-ohjelmalle, joka toimii ERP-MES-integraation rajapintana (Kuvio 3).

Vastaanottiensa tietojen perusteella Python-ohjelma kirjoittaa dataa Access-tietokannan neljään eri tauluun: tblOrder, tblOrderPos, tblStep ja tblStepParameter (Kuvio 1). Tuotteen tilaus ei kuitenkaan vielä tässä vaiheessa lähde käytiin, vaan tuotantopäällikön on tarkistettava ja hyväksyttävä tuotantotilaus manuaalisesti. Tällä varmistetaan, ettei tuotantoon pääse virheellisiä tilauksia.

Festo MES4 -ohjelma keskustelee tuotantolinjalla olevien ohjelmoitavien logiikoiden kanssa kasatakseen tilatun tuotteen. Kun asiakkaan tilaama tuote on koottu ja nostettu hyllyyn, MES4 kirjoittaa siitä tiedon tietokannan tblFinOrder-tauluun.

erp_mes-ohjelma toimii kahdessa säikeessä. Ensimmäisessä vastaanotetaan Odoosta tulevia tuotantotilauksia, kun taas toisessa etsitään valmistuneita tilauksia MES-järjestelmän tietokannan tblFinOrder-taulusta. Kun ohjelma havaitsee, että asiakkaan tilaaman tuotteen valmistus on valmis, se kutsuu XML-RPC-protokollan välityksellä Odoon sisäisiä funktioita merkitäkseen tilauksen valmistuneeksi ja lähettääkseen asiakkaalle sähköpostilla laskun tilatuista tuotteista.

4 TULOKSET

Tuotetiedonhallinta-, toiminnanohjaus- ja tuotannonohjausjärjestelmää hyödynnetään Seinäjoen ammattikorkeakoulun teollisen internetin laboratoriossa siten, että tarvittavia tietoja saadaan liikuteltua automaattisesti eri tietojärjestelmien välillä. Automaattisella tiedonsiirrolla nopeutetaan tietojärjestelmien kommunikointia keskenään ja lisäksi sillä vähennetään manuaalisesta työstä mahdollisesti aiheutuvaa virhettä.

Uusi tuotevariaatio voidaan suunnitella PDM-järjestelmän avulla tarjolla olevista komponenteista. Tietojärjestelmien integraation ansiosta tuotetietoja tarvitsee kirjoittaa vain yhden kerran Teamcenterissä, minkä jälkeen ne kopioidaan automaattisesti sekä ERP- että MES-järjestelmään. Kun uusi tuote on lisätty ERP-järjestelmään, asiakkaat voivat ostaa sen Odoon verkkokaupasta. Vastaavasti tuotteen lisäys MES-järjestelmään mahdollistaa sen, että tuote on valmistettavissa Feston tuotantolinjalla.

ERP-järjestelmä lähettää automaattisesti tuotantotilauksen MES-järjestelmään asiakkaan tekemän tilauksen yhteydessä. Kun asiakkaan tilaama tuote on koottu, tieto valmistumisesta lähetetään automaattisesti ERP-järjestelmään.

Teollisen internetin laboratoriossa opiskelijoilla on mahdollisuus nähdä käytännössä, miten yrityksen eri tietojärjestelmät liittyvät suurempaan digitaalisen valmistuksen kokonaisuuteen. Kyber-hankkeen aikana kehitetyt Python-sovellukset, jotka hoitavat tietojärjestelmien integraatiota, tarjoavat tekniikan alan opiskelijoille malliesimerkkejä, joiden avulla he voivat kehittää omia sovelluksiaan.

KIITOKSET

Artikkeli on valmisteltu osana Kyber-i-hanketta eli teollisen internetin laboratorion kehittämishanketta. Haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Etelä-Pohjanmaan liittoa (EAKR).

LÄHTEET

Accountor. Ei päiväystä. Mikä on ERP-järjestelmä? [Verkkosivu]. Accountor Enterprise. [Viitattu 5.3.2018]. Saatavana: <https://www.accountorenterprise.fi/2017/08/08/mika-erp-jarjestelma/>

ite wiki. Ei päiväystä. Toiminnanohjaus ERP. [Verkkosivu]. [Viitattu 5.3.2018]. Saatavana: <https://www.itewiki.fi/opas/toiminnanohjaus-erp/>

Mosesian, H. 2017. What is MES. [Verkkosivu]. WorkWise LCC. [Viitattu 8.3.2018]. Saatavana: <https://www.workwisellc.com/erp-software/what-is-mes/>

Odo. Ei päiväystä. Web Service API. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.3.2018]. Saatavana: https://www.odoo.com/documentation/10.0/api_integration.html

Scholten, B. 2009. MES guide for executives: Why and how to select, implement, and maintain a manufacturing execution system. Research Triangle Park, North Carolina: International Society of Automation.

Sääksvuori, A. & Immonen, A. 2002. Tuotetiedonhallinta – PDM. Helsinki: Satku.

ODOO, AVOIMEN LÄHDEKOODIN TOIMINNANOHJAUSJÄRJESTELMÄ

*Janne Kapela, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka*

*Juha Palomäki, teknologia-asiamies
SeAMK Tekniikka*

*Mirka Leino, TkT, yliopettaja
SAMK Teknologia-osaamisalue, Automaation tutkimusryhmä*

1 JOHDANTO

Useissa pk-yrityksissä yrityksen toimintaa ohjataan edelleen Excel-taulukoilla ja samoja tietoja joudutaan siirtämään usean eri järjestelmän välillä. Toiminnan kasvaessa käsityönä tehtävät toiminnanohjaukset eivät enää ole tehokkaita, vaan on mietittävä uusia toimintatapoja tai prosessien muutoksia. Toiminnanohjausjärjestelmä on yrityksen tietojärjestelmä, jonka tarkoituksena on parantaa yritysten tehokkuutta integroimalla tarvittavat liiketoiminnan osa-alueet, kuten varastonhallinta, kirjanpito ja laskutus yhteen järjestelmään. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto kuitenkin mielletään yrityksissä raskaaksi ja aikaa vieväksi prosessiksi. Tästä syystä järjestelmän hankinta jää usein tekemättä ja toimintaa jatketaan vanhalla hyväksi todetulla toimintatavalla. Toinen valintaan vaikuttava tekijä on järjestelmän kustannukset, jotka varsinkin pienen yrityksen näkökulmasta on huomioitava.

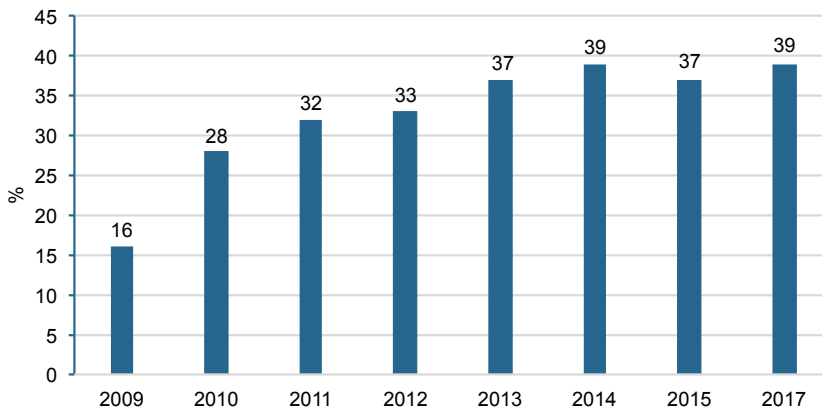
Tässä artikkelissa tutustutaan markkinoilla olevaan avoimeen lähdekoodiin perustuvaan täysin ilmaiseen liiketoimintasovellukseen, joka etenkin pk-yritysten näkökulmasta on hyvä vaihtoehto Excel-järjestelmän korvaajaksi. Artikkelissa käydään läpi sovelluksen historiaa sen rakennetta sekä asennusta Windows-käyttöjärjestelmään. Lisäksi tutustutaan järjestelmän esittelyä ja testausta varten luotuun testiympäristöön.

2 YLEISTÄ TOIMINNAHOJAUSJÄRJESTELMISTÄ

Yritysten liiketoiminnan tueksi on kehitetty toiminnanohjausjärjestelmiä (Enterprise Resource Planning Systems), jotka tunnetaan paremmin lyhenteellä ERP. Järjestelmien tarkoitus on integroida yritysten liiketoimintaprosessit tehokkaammin toimiviksi kokonaisuuksiksi ohjaamalla yrityksen työtä ja resursseja. (Kettunen & Simons 2001, 40.)

Järjestelmälle tyypillistä on yksi yhteinen tietokanta, jota kaikki eri toiminnot käyttävät. Yhteinen tietokanta mahdollistaa tiedon läpinäkyvyyden ja sen paremman organisoinnin. Eri toiminnot kuten tilausten, varaston ja materiaalinhallinta, kirjanpito sekä reskontra hyödyntävät järjestelmän yhteistä tietokantaa. (Logistiikan Maailma, [viitattu 28.3.2018].)

Yrityksissä toteutetaan päivittäin useita tehtäviä, joiden hallinta ilman sopivaa ohjelmistoa vaatisi ylimääräisiä resursseja. Näiden tehtävien hoitamisen helpottamiseksi on kehitetty toiminnanohjausjärjestelmiä, jotka auttavat pitämään asiat organisoidusti järjestyksessä. (Haverila, Uusi-Rauva & Kouri 2009, 397.) ERP-järjestelmien käyttöastetta suomalaisissa yrityksissä on havainnollistettu kuviossa 1.



Kuvio 1. Tilastoa ERP-järjestelmien käytöstä suomalaisissa yrityksissä vuosina 2009-2017 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2017).

3 AVOIN LÄHDEKOODI (OPEN SOURCE)

Avoim lähdekoodi tarjoaa käyttäjälle vapauden käyttää, kopioida, muunnella ja jakaa avoimen lähdekoodin ohjelmaa ilman lisenssimaksuja. Kehityksestä ei vastaa vain yksi yritys, vaan siihen voivat osallistua kaikki halukkaat, sillä ideat ja toteutukset ovat kaikkien nähtävissä ja hyödynnettävissä. Tämä mahdollistaa korkean laadun sekä hyvän tietoturvan, sillä ohjelmistovirheet on mahdollista löytää ja korjata nopeasti. (Coss ry, [viitattu 28.3.2018]). Kuviossa 2 on esitelty muutama avoimen lähdekoodiin perustuva ohjelma ja niitä vastaavat suljetun lähdekoodin edustajat.

Avoim lähdekoodi



Suljettu lähdekoodi

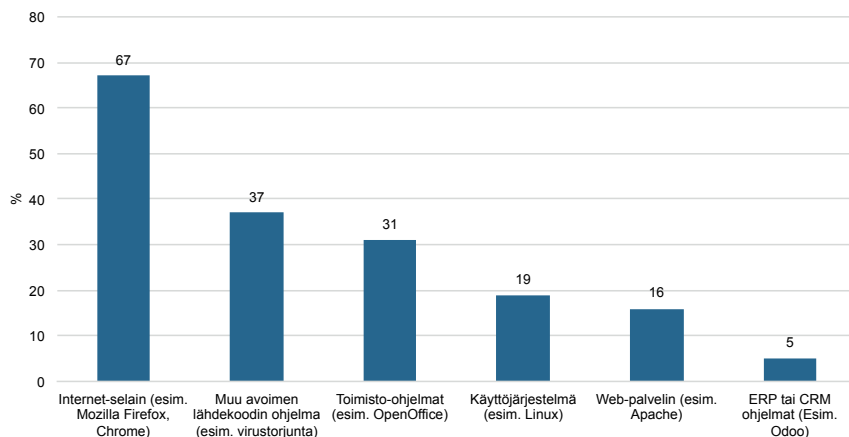


VS



Kuvio 2. Tunnettuja avoimen ja suljetun lähdekoodin ohjelmia.

Yrityksissä yleisimmin käytössä oleva avoimen lähdekoodin ohjelma on Internet-selain. Kuvioista 3 käy ilmi miten avointa lähdekoodia on hyödynnetty yrityksissä vuonna 2012.



Kuvio 3. Avoimen lähdekoodin käyttö vähintään 10 henkilöä työllistävissä yrityksissä keväällä 2012 (Suomen virallinen tilasto (SVT) 2012.)

4 CASE ODOO

4.1 Historia

Kaikki sai alkunsa, kun belgialainen visionääri Fabien Pinckaers päätti haastaa perinteiset toiminnanohjauksen jättiläiset täysin uudella lähestymistavalla. Hänen unelmanaan oli lähteä haastamaan yhtä suurimmista ohjelmistotoimittajista avoimen lähdekoodin ratkaisulla, jonka ensimmäinen versio sai nimen TinyERP. Kolmen vuoden kehityksen jälkeen nimi päätettiin muuttaa, sillä alkuperäinen työnimi oli liian vaatimaton. Ohjelma sai uuden nimen OpenERP. (Pinckaers 2014.)

Viiden vuoden aikana yrityksen henkilömäärä kasvoi yli sataan henkilöön. Tämän jälkeen tapahtui suunnanmuutos, jolloin yritys muutettiin palveluja tuottavasta yrityksestä ohjelmistotaloksi. Tästä alkoi ohjelmiston kehittäminen seuraavalle tasolle. Vuonna 2014 OpenERP oli järjestelmänä huomattavasti laajempi kuin markkinoilla olevat perinteiset ERP-järjestelmät. Ohjelmisto oli muuttunut enemmän liiketoimintaohjelmaksi ja sen vuoksi sen nimi päätettiin muuttaa Odooksi. (Pinckaers 2014.) Odoo-ohjelmiston kehityskaari on havainnollistettu kuviossa 4.



Kuvio 4. Odoo-ohjelmiston kehityskaari.

Odoo pohjautuu avoimeen lähdekoodiin ja sen kehitykseen osallistuu laaja maailmanlaajuinen kehittäjäyhteisö. Ohjelmisto perustuu modulaariseen rakenteeseen, joka mahdollistaa asteittaisen käyttöönoton ja on myöhemmin helposti laajennettavissa uusilla sovellusmoduuleilla. Odoo sisältää 35 erikseen asennettavaa perusmoduulia ja näiden lisäksi on saatavilla tuhansia kolmannen osapuolen kehittämiä moduuleja.

Odoo sisältää mm. seuraavat moduulit:

- viestintä
- asiakkuudenhallinta ja myynti (CRM & Sales)
- varastonhallinta (Warehouse management)
- valmistus ja tuotannonohjaus (Manufacturing)
- laskutus ja kirjanpito (Billing & Accounting)
- ostot (Purchase)
- projektinhallinta (Project)
- markkinointi (Marketing)
- henkilöstöhallinta (Human Resources HR)
- verkkosivujen hallinta sekä verkkokauppa (Website & e-Commerce)
- kassapäätte (Point of sales).

Odoon käyttäjistä löytyy paljon tunnettuja yrityksiä kuten Danone, Singer ja Del Monte (Kuvio 5).

Yli 50 000 yritystä ja yli 3,7 miljoonaa käyttäjää



Kuvio 5. Esimerkkejä Odoota käyttävistä yrityksistä (Odoo customers, [viitattu 28.3.2018]).

4.2 Saatavilla olevat versiot

Odoosta on saatavilla kolme erilaista versiota:

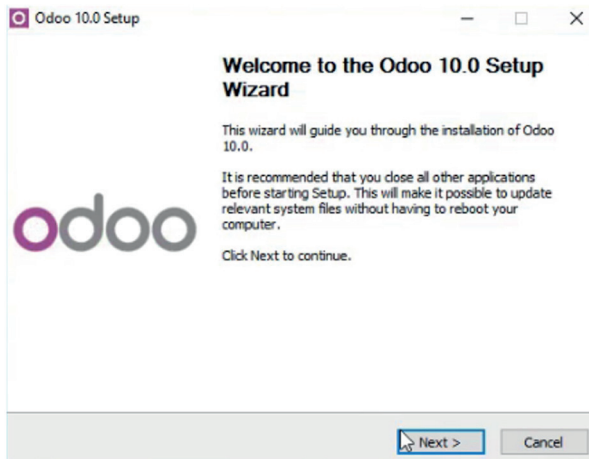
- Odoo Community (Ilmainen yhteisön ylläpitämä)
- Odoo Enterprise (maksullinen Odoo S.A ylläpitämä)
- Odoo Online (pilvipohjainen kuukausimaksullinen).

Community versio on täysin avointa lähdekoodia ja sen kehitystyöstä vastaavat yhteisön jäsenet. Se on saatavilla Windows- ja Linux-käyttöjärjestelmille, joka tekee siitä monipuolisen. Enterprise-version kehittämisestä ja ylläpidosta vastaa Odoo S.A ja sen tarjoamien lisäpalveluiden käyttö on maksullista. Online-versio toimii pilvipalveluna ja käyttäjä maksaa asentamistaan moduuleista kuukausimaksua. Hinnoittelu perustuu siis palvelun laajuuteen ja käyttäjien lukumäärään. (Odoo pricing, [viitattu 28.3.2018].)

5 ODOON ASENNUS WINDOWS-YMPÄRISTÖÖN

5.1 Odoo 10 Community version asennus Windows-ympäristöön

Tässä kappaleessa käsitellään Odoo 10-version asennusta Windows käyttöjärjestelmään. Odoon asennuspaketin saa ladattua Odoon verkkosivuilta download-osiosta, jossa on tarjolla myös asennuspaketit Linux-käyttöjärjestelmille. Ohjelman asennus aloitetaan avaamalla ladattu tiedosto, jonka jälkeen työpöydälle ilmestyy kuvion 6 mukainen ikkuna.



Kuvio 6. Odoo asennusohjelman käynnistys.

Asennus suoritetaan Windows-ohjelmille tutun asennusvelhon ohjeistamana vaihe kerrallaan. Asennuksen seuraavassa vaiheessa valitaan asennettavat komponentit. PostgreSQL on avoimen lähdekoodiin tietokantajärjestelmä, jota Odoo hyödyntää osana omaa ohjelmistoaan (Kuvio 7).



Kuvio 7. Odoon asennuksessa asennettavat komponentit.

Asennuksessa on tärkeää huolehtia tietoturvasta muuttamalla PostgreSQL-tietokannan oletussalasana (Kuvio 8).



Kuvio 8. PostgreSQL-tietokannan oletusasetukset.

5.2 Uuden tietokannan luonti

Ohjelmiston asennuksen jälkeen voidaan uusi tietokanta luoda avaamalla Web-selain ja ottamalla yhteys paikalliseen Odoo-palvelimeen. Kuviossa 9 on esitetty uuden tietokannan luomisvaiheessa täytettävä lomake. Uusi tietokanta luodaan syöttämällä tietokannan nimi, käyttäjätunnukseksi toimiva sähköpostiosoite sekä salasana. Käyttöliittymän oletuskielenä käytetään englantia, mutta sen voi vaihtaa suomeksi Language-pudotusvalikosta.

Luotuun tietokantaan on mahdollista liittää valmis testitietokanta, joka sisältää valmiiksi luotuja tuotteita sekä tuoterakenteita. Tämän ominaisuuden saa käyttöön valitsemalla "Load demonstration data" tietokannan luontivaiheessa.



Odoo is up and running!

Create a new database by filling out the form, you'll be able to install your first app in a minute.

Database Name

Yritys_X_tietokanta

Email

admin

Password

••••••••

Language

Finnish / Suomi

Country

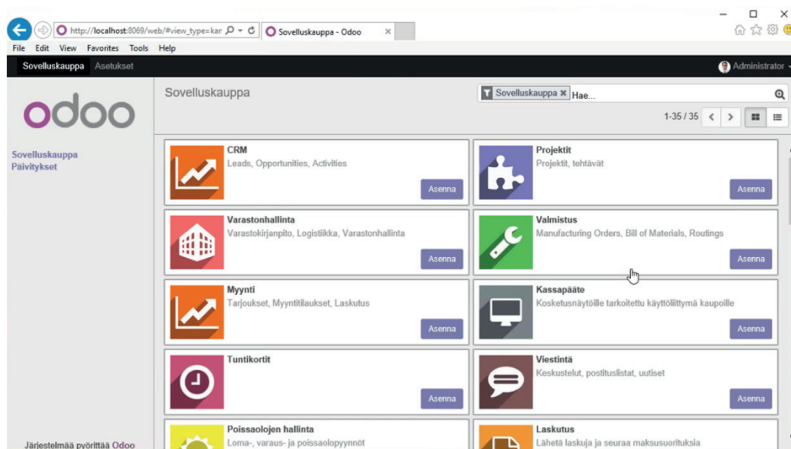
Finland

Load demonstration data (Check this box to evaluate Odoo)

Create database or restore a database

Kuvio 9. Odoo uuden tietokannan luominen.

Tietokannan luonnin jälkeen seuraavana vaiheena on valita yrityksen tarpeisiin sopivat moduulit sovelluskaupasta (Kuvio 10).



Kuvio 10. Tarvittavien moduulien valinta sovelluskaupasta.

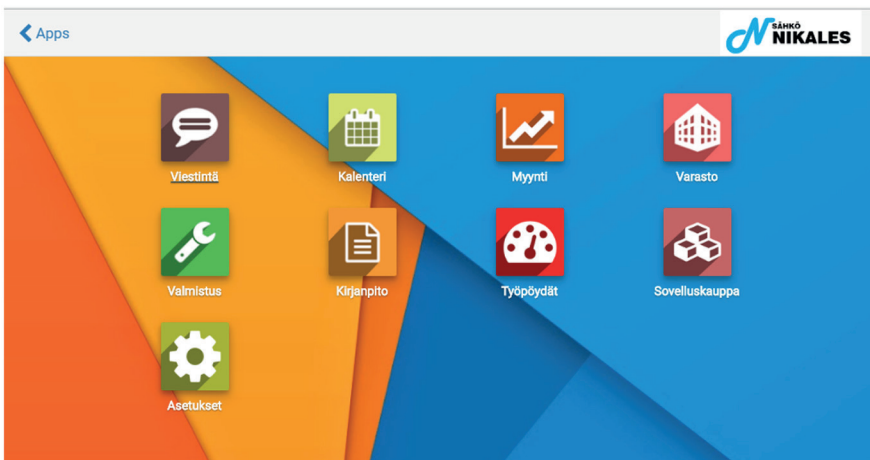
6 KOKEMUKSIA ODOON KÄYTÖSTÄ

SeAMK on rakentanut teollisen internetin laboratorion, jossa on automaattisesti toimiva tuotantolinja. Tuotantolinjan toimintaan on integroitu Odoon toiminnanohjausjärjestelmä, jonka verkkokauppa moduulin avulla valmistettavia tuotteita voidaan tilata verkkokaupasta. Verkkokaupassa tehty tilaus siirtyy automaattisesti tuotantolinjan työjonoon ja valmistuksen jälkeen tilaaja saa tiedon tuotteen valmistumisesta sähköpostiinsa. Järjestelmää hyödynnetään suurimmaksi osaksi teollisen internetin sovelluksiin ja siitä syystä päätettiin rakentaa täysin oma testiympäristön vain Odoon testausta varten.

Testiympäristön tarkoituksena oli rakentaa Odoon-järjestelmä omalle palvelimelle, josta sitä voitiin esitellä järjestelmästä kiinnostuneille yrityksille ja samalla testata järjestelmän toimintaa ja eri moduulien toimintoja. Tavoitteena oli luoda ympäristö, joka mallintaa pk-yrityksen toimintaa. Toimintojen simulointia varten luotiin kuvitteellinen sähkö- ja automaatioalan komponentteja myyvä yritys, joka valmistaa myös itse ohutlevytuotteita. Luomalla yritykselle omat tuotteet ja asiakkaat saatiin ympäristöstä aidomman tuntuinen ja helpommin lähestyttävä.

6.1 Testiympäristöön valitut moduulit

Asennuksen yhteydessä automaattisesti asentuvat seuraavat moduulit: viestintä, sovelluskauppa ja asetukset. Testiympäristöön asennettiin myynti-, varasto-, valmistus- ja kirjanpito moduulit. Testiympäristö haluttiin määritellä tyypilliselle pk-yritykselle soveltuvaksi. Minimoimalla tarvittavien moduulien määrä saatiin testiympäristön käytettävyyttä parannettua (Kuvio 11).



Kuvio 11. Näkymä testiympäristöstä.

6.2 Odoon-testiympäristön koekäyttö

Testiympäristön rakennus aloitettiin luomalla uusi tyhjä tietokanta, jonka jälkeen täydennettiin yrityksen tiedot. Yritykselle luotiin myös oikeita tuotteita, joita on mahdollista valmistaa ja myydä. Yritykselle luotiin asiakasrekisteri todellisen kaltaisen toiminnan simuloimiseksi. Järjestelmään tehtiin eritasoisia käyttäjätunnuksia kuvastamaan yrityksen eri henkilöstöä. Käyttäjiksi määriteltiin talousjohtaja, varastotyöntekijä, kirjanpitäjä, työntekijä, myyntipäällikkö ja pääkäyttäjä. Jokaisella käyttäjällä on erilaiset käyttöoikeudet ja ohjelmiston näkymät.

Tilaus- ja toimitusketjua simuloitiin eri käyttäjien työtehtävillä luomalla tarjouksia ja niistä tilauksia. Tehdyistä tilauksista tulostettiin keräyslistat, joiden avulla simuloitiin varastossa tapahtuvaa toimintaa. Keräyksessä tuotteet kirjattiin järjestelmään tuotteissa olevien viivakoodien avulla toimitustilauksiksi. Valmiista tilauksista luotiin lähetyslistat ja laskut, jotka kirjautuivat järjestelmään. Testauksen yhteydessä kokeiltiin myös varaston inventaariota sekä automaattisia tuotteiden täydennyksiä ja hälytysrajoja.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Testauksen tuloksena voidaan todeta, että järjestelmän asennus ja käyttöönotto oli helppoa ja suoraviivaista eikä vaatinut erityisosaamista. Kuitenkin haasteita voi esiintyä eri moduuleihin liittyvissä yksityiskohtaisissa asetuksissa. Modulaarisuus tarjoaa vaihteittaisen käyttöönoton mahdollisuuden, jolloin ohjelmiston käytön oppiminen helpottuu. Valitsemalla käyttöön Odoon Community-version ja asentamalla sen omalle tietokoneelle tai serverille ei käytöstä aiheudu kustannuksia. Tämä mahdollistaa omatoimisen käyttöönoton ja testauksen ennen varsinaista päätöstä järjestelmän käyttöönotosta yrityksessä.

Odoon hyviä ominaisuuksia ovat mm. käytettävyys, nykyaikainen web-pohjainen käyttöliittymä, soveltuvuus mobiililaitteille, avoimen lähdekoodin tarjoama mahdollisuus räätälöinnille, riippumattomuus toimittajasta ja kattava laajennusmahdollisuus lukuisilla moduuleilla.

Testauksen perusteella Odoon on harkitsemisen arvoinen järjestelmä yrityksen toiminnanohjaukseen.

KIITOKSET

Artikkeli on valmisteltu osana Viisi vaikuttavaa teknologia-askelta elintarvikealan pk-yrityksissä hanketta. Haluamme kiittää hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Satakuntaliittoa ja Etelä-Pohjanmaan liittoa (EAKR).

LÄHTEET

COSS ry. Ei päiväystä. Avoin lähdekoodi. [Verkkosivu]. Suomen avoimien tietojärjestelmien keskus COSS ry. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <http://coss.fi/avoimuus/avoin-lahdekoodi/>

Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous 6. p. Tampere: Infacs.

Kettunen, J. & Simons, M. 2001. Toiminnanohjausjärjestelmän käyttöönotto pk-yrityksessä. Teknologia- ja ohjelmistotieteen tutkimuskeskus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Logistiikan Maailma. Ei päiväystä. Toiminnanohjausjärjestelmä. [Verkkosivu]. Reijo Rautauoman säätiö. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/ohjausjarjestelmat/toiminnanohjausjarjestelma/>

Odoo pricing. Ei päiväystä. Odoo Pricing. [Verkkosivu]. Odoo S.A. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <https://www.odoo.com/pricing>

Odoo customers. Ei päiväystä. Odoo customers. [Verkkosivu]. Odoo S.A. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <https://www.odoo.com/customers>

Pinckaers, F. 2014. The Odoo story. [Verkkajulkaisu]. Odoo S.A. [Viitattu: 28.3.2018] Saatavana: <https://www.odoo.com/blog/notreblog-5/post/the-odoostory-56>

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2017. Tietotekniikan käyttö yrityksissä. Liiketoiminnan sähköistyminen. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu: 28.3.2018]. Saatavana: http://www.stat.fi/til/ict/2017/ict_2017_2017-11-30_kat_005_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT). 2012. Tietotekniikan käyttö yrityksissä. Liitekuviot 3. Avoimen lähdekoodin (open source) ohjelmien tai käyttöjärjestelmien käyttö keväällä 2012, osuus vähintään kymmenen henkilöä työllistävästä yrityksistä. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Tilastokeskus. [Viitattu: 28.3.2018]. Saatavana: http://www.stat.fi/til/ict/2012/ict_2012_2012-11-27_kuv_003_fi.html

IOT-ALUSTOJEN KÄYTTÖ OPETUKSESSA

Petteri Mäkelä, TkL, yliopettaja
SeAMK Tekniikka

Jesse Reinikka, projektiassistentti
SeAMK Tekniikka

1 JOHDANTO

Teollinen internet on mainittu yhtenä tärkeimpänä painoalana Seinäjoen ammatti-korkeakoulun strategiassa. SeAMK onkin panostanut voimakkaasti teollisen internetin tutkimukseen kehityshankkeiden kautta. Teollisen internetin kehitys-hankkeista saatua kokemusta ollaan viety myös opetukseen.

Teollisen internetin sovelluksissa hyödynnetään usein pilvipalveluja. Teollisen internetin tapauksessa pilvipalvelun tehtävänä on tallentaa, varastoida, analysoida ja visualisoida sinne kerätty data. Tällainen teollisen internetin sovellus voidaan rakentaa mihin tahansa yleiskäyttöiseen pilvipalveluun. Toisaalta useissa pilvipal-veluissa, kuten Microsoft Azuressa ja Amazon AWS:ssä on useita IoT-sovellusten tekemistä helpottavia palveluja valmiina. Markkinoilla on myös IoT-alustoja, jotka on tarkoitettu erityisesti teollisuuden sovelluksille. Esimerkkejä tällaisista alustoista ovat Siemens Mindsphere ja Wapice IoT Ticket.

Artikkelin tavoitteena on tutkia, millaiset IoT-alustat sopivat parhaiten opetuskäyt-töön. IoT-alustojen ominaisuuksia arvioidaan monella eri kriteerillä. IoT-alustan käyttöehdot opetuksessa on luonnollisesti tärkeä kriteeri. Artikkelissa arvioidaan myös eri IoT-alustojen soveltuvuutta eri alojen opiskelijoille. Graafisilla symbo-leilla tehtävää ohjelmointia tukevat ympäristöt voivat soveltua paremmin niille opiskelijoille, joilla on vain vähän kokemusta ohjelmoinnista. Toisaalta IoT-alustan soveltuvuus oikeiden teollisen internetin sovellusten tekemiseen on myös tärkeä kriteeri.

Artikkeli liittyy Seinäjoen, Oulun, Hämeen ja Tampereen ammattikorkeakoulujen kanssa tehtävään IoTti-hankkeeseen. Hankkeessa rakennetaan ammattikor-keakoulujen kesken verkostomainen työelämäkoulutuksen malli, joka perustuu olemassa olevien tutkinnon osien hyödyntämiseen. Hankkeen työpaketit liittyvät

enimmäkseen verkostomaisen koulutuksen hallinnoitiin, mutta mukana on myös IoT:hen liittyvä tekninen osuus, jossa tarkastellaan IoT-alustoja.

2 PILVILASKENTA JA PALVELUMALLIT

Pilvipalvelulla tarkoitetaan tietoteknisten palveluiden hajautusta ja ulkoistusta internetin avulla. Pilvipalvelun tarjoaja myy palvelimiensa tietojenkäsittely- ja tallennuskapasiteettia asiakkailleen internetin välityksellä käytettäväksi. Pilvipalveluja käyttämällä asiakas vapautuu palvelinkoneiden hankkimisesta ja ylläpidosta. Joissakin palvelumalleissa asiakkaan ei tarvitse myöskään huolehtia käyttöjärjestelmän, tietokantojen tai varusohjelmistojen ylläpidosta, vaan hän voi keskittyä sovellusten tekemiseen. Pilvipalveluiden etuna on myös skaalautuvuus. Palvelua ei tarvitse mitoittaa huippukuormituksen mukaan, vaan kapasiteettia voidaan ostaa tarpeen mukaan.

Pilvipalvelut on jaettu perinteisesti kolmeen erilaiseen palvelumalliin, joita ovat infrastruktuuri palveluna (Infrastructure as a Service, IaaS), sovellusalusta palveluna (Platform as a Service, PaaS) ja sovellukset palveluna (Software as a Service, SaaS). Näiden palvelumallien lisäksi viime aikoina on puhuttu myös palvelimettomasta pilvipalveluarkkitehtuurista (Function as a Service, FaaS). (Falck 2017.)

IaaS-palvelumallissa palveluntuottaja tarjoaa asiakkailleen virtuaalisen konesalin palveluna, jolloin asiakkaiden ei tarvitse itse hankkia omia palvelinkoneita. IaaS-palveluun kuuluu yleensä verkkoyhteydet, tallennustila, palvelimet ja niiden ylläpito. IaaS-palvelun päätehtävät ovat tallennustilan ja laskentakapasiteetin tarjoaminen asiakkaille. Asiakas perustaa IaaS-palveluun virtuaalikoneita, joissa voidaan ajaa omia sovelluksia ja palveluita. IaaS-palvelua tarjoavat muun muassa IBM, Google, Amazon ja Microsoft.

PaaS-mallissa palveluntuottaja tarjoaa palveluna alustan, johon asiakkaat voivat kehittää suoraan sovelluksia. PaaS-mallissa asiakkaan ei tarvitse huolehtia käyttöjärjestelmän tai varusohjelmien ylläpidosta, vaan nämä ovat palveluntarjoajan vastuulla. Palvelinkoneiden ja niiden ylläpidon lisäksi myös järjestelmäarkkitehtuuri kuuluu palveluun. PaaS-mallissa infrastuktuuuri on piilotettu kokonaan asiakkaalta. Asiakkaan vastuulle jäävät sovellusten ylläpito ja tietoturva. PaaS on myös skaalautuva: asiakkaan ei tarvitse huolehtia itse uusien virtuaalikoneiden luomisesta käyttäjämäärän kasvaessa. Kaikki suuret pilvipalveluyritykset tarjoavat myös PaaS-palveluita.

SaaS-palvelumallissa asiakas käyttää internetin kautta pilvipalvelussa olevaa sovellusta. Yleensä asiakas käyttää SaaS-sovellusta selaimella webin yli. SaaS-palvelut on tarkoitettu usein loppuasiakkaan käyttöön, kun taas matalamman tason IaaS- ja PaaS-palvelumallit on tarkoitettu ohjelmistokehittäjien käyttöön.

3 IOT-ALUSTAT

Kaikkia edellä mainittuja palvelumalleja voidaan käyttää teollisen internetin sovellusten yhteydessä. Esimerkiksi Microsoft Azure -pilvipalvelussa on tarjolla sekä IaaS- että PaaS-palvelumallit. IaaS-palvelumallissa korostuu avoimuus ja joustavuus, kun taas PaaS-palvelumallissa tehokkuus ja ylläpidon automatisointi. Toisaalta keskustelu palvelumallien paremmuudesta ei ole ehkä enää relevanttia. Google Cloud -alustassa on tarjolla neljä erityyppistä palvelumallia, joita voi tarpeen vaatiessa myös yhdistellä (Google, [viitattu 2.5.2018]). Google Cloud Functions perustuu palvelimettomaan arkkitehtuuriin ja FaaS-palvelumalliin. Google App Engine tarjoaa taas sovellusalustan palveluna (PaaS) käyttäjämäärien mukaan skaalautuvien sovellusten tekemiseen. Googlen pilvipalvelu tukee myös konttipohjaista sovelluskehitystä (Container as a Service, CaaS) ja käyttäjien hallitsemia virtuaalikoneita (IaaS-palvelumalli). Myös Amazon Web Servicessä on tarjolla samankaltaiset palvelumallit kuin Google Cloudissa (Amazon, [viitattu 2.5.2018]).

Microsoftin, Amazonin, IBM:n ja Googlen pilvipalveluympäristöt on tarkoitettu tietenkin yleiseen käyttöön, ei pelkästään esineiden internetin ja teollisen internetin sovelluksiin. IoT on kuitenkin niin tärkeä sovellusalue, että kaikki nämä pilvipalvelut sisältävät myös IoT-alustan ja muita IoT-sovelluksia tukevia palveluja. Yleensä nämä IoT-alustat ja palvelut perustuvat PaaS-arkkitehtuurimalliin. Googlen ja Amazonin palveluissa voidaan hyödyntää myös palvelimetonta arkkitehtuurimallia (FaaS) esimerkiksi datan vastaanottamisen yhteydessä, rajapintojen tekemisessä ja datan välittämisessä eri palveluiden välillä.

Edellä mainittuihin pilvipalveluihin on tarjolla myös kolmannen osapuolen IoT-alustoja. Siemens Mindsphere -pilvipalvelu kehitettiin aluksi SAP HANA -pilvipalvelun päälle, mutta nyt MindSphere on saatavilla myös Microsoft Azure- ja AWS-pilvipalveluihin integroituna (Siemens 2018). Avoimen lähdekoodin ThingsBoard IoT -alusta voidaan integroida AWS:n, IBM:n ja Microsoftin pilvipalveluihin (ThingsBoard, [viitattu 2.5.2018]). Markkinoilla on myös useita suurista pilvipalveluoperaattoreista riippumattomia IoT-alustoja, joista yksi esimerkki on Wapice IoT Ticket.

Seinäjoen ammattikorkeakoulun teollisen internetin hankkeissa on tutustuttu useisiin pilvipalveluihin ja IoT-alustoihin, kuten Siemens MindSphere, Microsoft Azure, Wapice IoT Ticket, IBM Cloud, Amazon Web Services, ThingsBoard ja PTC ThingWorx.

Seuraavissa luvuissa on tarkasteltu lähemmin niitä IoT-alustoja, joihin on tutustuttu IoT-hankkeessa. Kussakin esimerkissä on kiinnitetty huomiota pilvipalvelun käyttöehtoihin ja maksuttomuuteen.

3.1 IBM Cloud

IBM Cloud on IBM:n pilvipalvelu, joka sisältää myös IoT-alustan. IBM:n palveluun luodaan ensin ilmainen 30 päivän kokeilutili. Korkeakoulujen henkilökunta ja opiskelijat voivat päivittää tämän tilin pidempikestoiseksi IBM Cloud -portaalin kautta. Henkilökunnalle annetaan yksi vuosi ilmasta aikaa ja opiskelijoille kuusi kuukautta. Palveluun kirjauduttaessa täytyy antaa korkeakoulun sähköpostiosoite, mutta luottokortin tietoja ei tarvita. Tili täytyy päivittää ennen määräajan umpeutumista. Jos tämä pääsee unohtumaan, ilmaiseen palveluun ei pääse enää samalla sähköpostiosoitteella.

IBM:n IoT -alustalle voidaan lisätä helposti laitteita ja tehdä yksinkertaisia visualisointeja. IoT-alustaan voidaan yhdistää myös muita IBM Cloudin palveluita, kuten IBM Watson -tekoälyn. Sovellusten ohjelmointiin on useita vaihtoehtoja, joista mielenkiintoisin on ehkä Node-RED-ympäristö. Laitteet lähettävät dataa IBM Cloudiin MQTT-protokollalla. (IBM, [viitattu 2.5.2018].)

3.2 AWS IoT

Amazon Web Services (AWS) on markkinajohtaja pilvipalveluissa. Sen markkinaosuus pilvipalveluissa oli 33% alkuvuodesta 2018 (CNBC 2018). Amazon tarjoaa vuoden kestävä kokeilujakson (Free Tier), jonka aikana useimpia palveluja voi käyttää ilmaiseksi. Maksuttomuudesta huolimatta Amazon Free Tier -tilin avaamisessa täytyy antaa luottokortin tiedot, minkä takia se sopii huonosti opetuskäyttöön.

AWS:ssä on myös opetuskäyttöön tarkoitettu rajoitettu ilmainen AWS Educate Starter -tili, missä ei vaadita luottokortin tietojen antamista. Tilille annetaan vuosittain tietty summa saldoa palveluiden käyttämiseen. Kun rahat ovat loppuneet, tili suljetaan ja data menetetään. AWS Educate -tilin voi liittää myös normaaliin AWS-tiliin. Tällöin AWS Educate -tilin saldo käytetään ensin. Tämän jälkeen käyttö veloitetaan luottokortilta.

AWS IoT on Amazonin IoT-alusta. Alusta on oppimisen kannalta hieman vaikeampi kuin IBM Watson tai ThingsBoard. Datan lähetykseen tarvitaan aina x.509-sertifikaatti todentamaan yhdistetty IoT-laite. Tämä saattaa olla rajoite pienitehoisimpien sulautettujen prosessorien tapauksessa, mutta toisaalta x.509-sertifikaatin käyttö antaa hyvän tietoturvan. Sertifikaatti voidaan luoda helposti AWS IoT -palvelussa.

Laitteet voivat lähettää dataa AWS IoT -alustalle HTTP-, WebSockets- ja MQTT-protokollia käyttäen. Myös kommunikointi laitteelta toiselle on mahdollista. AWS IoT -palvelussa on käytettävissä myös AWS:n muut palvelut, kuten erilaiset tietovarannot, viestijonot ja analysointipalvelut. (Amazon, [viitattu 2.5.2018].)

3.3. ThingsBoard

ThingsBoard on avoimen lähdekoodin IoT-alusta. ThingsBoard Community Edition on maksuton ja sopii siksi opetuskäyttöön. Yrityskäyttöön tarkoitettu laajempi ThingsBoard Professional Edition on maksullinen. ThingsBoard on itsenäinen sovellus ja riippumaton pilvipalveluista. ThingsBoardin voi asentaa Windows- ja Linux-käyttöjärjestelmiin sekä Raspberry Pi 3 -tietokoneelle. ThingsBoard Professional Edition -versiolla tehdyn sovelluksen voi integroida myös IBM:n, Amazonin ja Microsoftin pilvipalveluihin. (ThingsBoard, [viitattu 2.5.2018].)

ThingsBoardissa on työkalut datan visualisointiin ja asiakkaiden hallintaan. Erilaisia näyttöjä pystyy lisäämään ja suunnittelemaan myös itse. ThingsBoard-alustaa voi hallita joko graafisen käyttöliittymän tai hallintaan tarkoitettun REST-rajapinnan avulla. Laitteet voivat lähettää dataa MQTT-, CoAP- ja HTTP-protokollilla. Kommunikointi IBM Watson ja AWS IoT -alustojen kanssa tehdään MQTT-protokollalla. Microsoft Azurea käytettäessä hyödynnetään AMQP-protokollaa.

4 PILVIPALVELUIDEN OPETUS

IoT-alustat on tehty helpottamaan IoT-sovellusten tekemiseen tarvittavaa ohjelmointityötä. Monet IoT-alustat tarjoavat helppokäyttöiset työkalut datan vastaanottamiseen, tallennukseen ja visualisointiin. Usein yksinkertaisen IoT-sovelluksen pystyy määrittelemään erilaisilla konfigurointityökaluilla ilman varsinaista ohjelmointia. Sovelluksen vaatimusten kasvaessa ohjelmointia kuitenkin tarvitaan.

Helppokäyttöiset IoT-alustat ovat hyödyllisiä tietotekniikan opintojen alkuvaiheessa, kun opiskelijoilla ei ole vielä osaamista palvelin- ja selainohjelmoinnista. Näitä IoT-alustoja voidaan käyttää esimerkiksi ensimmäinen vuoden sulautettujen

järjestelmien opintojaksoilla. Tällöin opiskelija saa nopeasti käsityksen siitä, miten sulautetut laitteet voidaan liittää internetiin. Samaa ajatusta voidaan soveltaa myös niissä tekniikan alan koulutuksissa, joissa ohjelmointi ei ole pääaineena. Esimerkiksi automaatiotekniikan opiskelijat voivat rakentaa näyttäviä sovelluksia helppokäyttöisiä IoT-alustoja hyödyntäen.

Tietotekniikan tutkinto-ohjelmissa pilvilaskennan teknologiaan tulisi perehtyä syvällisemmin. Pilvilaskenta on käsitteenä suhteellisen uusi, mutta se perustuu pääosin jo hyvin pitkään käytössä olleisiin teknologioihin. Näitä teknologioita, kuten tietokantoja, palvelinohjelmointia, rinnakkaislaskentaa, hajautettuja järjestelmiä ja tietoverkkotekniikkaa, on opetettu jo vuosikymmeniä ennen kuin pilvilaskennasta on aloitettu puhumaan. Pilvilaskenta on kuitenkin tuonut merkittävän muutoksen siihen, miten palveluita tuotetaan ja kulutetaan. Lisäksi pilvipalvelut ovat muuttaneet sovellusten kehitysympäristöjä sekä ohjelmistotuotannon prosesseja. Pilvilaskenta on tuonut myös uusia mahdollisuuksia rinnakkaiseen laskentaan ja suurten datajoukkojen analysointiin. Pilvilaskennan tuomat muutokset ovat niin merkittäviä, että ne tulisikin huomioida tietotekniikan koulutuksen opetussuunnitelmissa.

Breivold ja Crnkovic (2014) esittävät artikkelissaan mallin pilvipalveluiden koulutuksen järjestämiseen. Tässä mallissa on otettu kantaa koulutuksen sisällön lisäksi myös opetuksen menetelmiin ja oppimisympäristöön. Opintojakson alussa on tärkeää motivoida opiskelijat käytännön esimerkkien avulla. Näissä esimerkeissä kuvataan, miten pilvipalvelut vaikuttavat yritysten liiketoimintaan, palveluiden tuottamiseen ja kuluttamiseen sekä ohjelmistotuotannon prosesseihin. Johdannon jälkeen syvennyttään pilvilaskennan arkkitehtuuriin sekä suunnittelumalleihin. Seuraavaksi perehdyttään pilvilaskentaan sen eri osapuolien näkökulmista. Tässä pilvilaskentaa tarkastellaan erikseen loppukäyttäjien, palvelun omistajien, sovellusten kehittäjien sekä sääntelyä tai standardointia tekevien tahojen osalta.

Breivoldin ja Crnkovicin mukaan on hyödyllistä, että opintojakso suunnitellaan ja toteutetaan yhteistyössä yritysten kanssa. Tällä tavoin opintojakson sisältöä voidaan rikastuttaa myös yritysten käytännön kokemuksilla. Yritysyhteistyötä voidaan syventää vielä Seinäjoen ammattikorkeakoulun projektipajan tavoin yritysten antamalla toimeksiannoilla opiskelijoille.

Breivold ja Crnkovic ovat myös huomanneet, että pilvipalvelut muuttuvat nopeasti ja yrityksiä myös poistuu markkinoilta. Tämän takia opetuksessa kannattaa painottaa yleisiä periaatteita. Kirjoittajat huomioivat myös erilaiset oppimismenetelmät, kuten kirjallisuuden lukemisen, keskustelut, vierailuluennot sekä harjoitustyöt.

5 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Pilvipalvelut ovat muuttaneet merkittävästi tapaa, jolla tietoteknisiä palveluita tuotetaan ja kulutetaan. Sovelluskehittäjän näkökulmasta muutos näkyy myös ohjelmistotuotannon työkaluissa, menetelmissä ja prosesseissa. Tietotekniikan tutkinto-ohjelmissa tulisikin olla opintojakso, jossa tutustutaan pilvilaskennan periaatteisiin ja arkkitehtuuriin. Aihepiiri on kuitenkin laaja ja syvälinen perehtyminen joudutaan jättämään osaksi maisteritason opintoihin tai erikoistumiskoulutuksiin. Toisaalta pilvipalveluiden IoT-alustat helpottavat teollisen internetin ja esineiden internetin sovellusten tekemistä. Jatkuvasti kehittyvät IoT-alustat mahdollistavat yksinkertaisten IoT-sovellusten tekemisen myös niille, jotka eivät opiskele ohjelmistotekniikkaa pääaineenaan. PaaS-pohjainen palvelumalli vapauttaa sovellusten suunnittelijat palvelinten, käyttöjärjestelmien ja varusohjelmien ylläpidosta. Nykyisillä IoT-alustoilla pystyy tekemään helposti yksinkertaisia IoT-sovelluksia jopa ilman ohjelmointia. Vaativampien sovellusten tekemisessä tarvitaan kuitenkin hyvää ohjelmointi- ja tietojärjestelmäosaamista. Teollisuuden tietotekniikasta kiinnostuneilla automaatioinsinööreillä pitäisi olla hyvät ohjelmointitaidot ja osaamista myös tietoliikennetekniikasta ja web-pohjaisten sovellusten suunnittelusta.

Pilvipalvelut ja IoT-alustat ovat vasta kehityskaarensa alussa ja ne muuttuvat nopeasti. Tästä syystä opetuksessa on painotettava pilvilaskennan yleisiä periaatteita. Syventyminen opetuksessa yksittäiseen pilvipalveluun menee hukkaan, kun teknologia muuttuu tai palvelu poistuu markkinoilta. Opiskelijoiden on kuitenkin tärkeää saada käytännön kokemusta sovellusten tekemiseen pilvipalveluihin. Parhaiten tämä onnistuu siten, että opiskelijat perehtyvät opintojakson harjoitustöissä erilaisiin pilvi- ja IoT-alustoihin. Opiskelijoiden tulee voida käyttää näitä alustoja maksutta ja ilman luottokortin tietojen antamista.

LÄHTEET

Amazon. Ei päiväystä. Types of cloud computing. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/types-of-cloud-computing>

Breivold, H. & Crnkovic, I. 2014. Cloud computing education strategies. International Conference on Computational Science and Engineering (CSEE&T).

CNBC. 27.4.2018. Microsoft narrows Amazon's lead in cloud, but the gap remains large. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: <https://www.cnbc.com/2018/04/27/microsoft-gains-cloud-market-share-in-q1-but-aws-still-dominates.html>

Falck, K. 2017. Faas vai caas? It-alan konservatiivit ja uudistusmieliset kinastelevat. 7.11.2017. [Verkkosivu]. TiVi-lehti. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: <https://www.tivi.fi/blogit/faas-vai-caas-it-alan-konservatiivit-ja-uudistusmieliset-kinastelevat-6686188>

Google. Ei päiväystä. About the GCP services. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: <https://cloud.google.com/docs/overview/cloud-platform-services>

IBM. Ei päiväystä. IBM Cloud – Internet of Things Platform. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: https://console.bluemix.net/catalog/services/internet-of-things-platform?cm_mc_uid=73670465264415100498766&cm_mc_sid_50200000=54424521527236745309&cm_mc_sid_52640000=93476931527236745314

Siemens. 2018. Preview of Siemens' MindSphere on Microsoft Azure now available. 23.4.2018. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: https://www.plm.automation.siemens.com/en/about_us/newsroom/press/press_release.cfm?Component=260739&ComponentTemplate=822

ThingsBoard. Ei päiväystä. ThingsBoard Documentation, platform integrations. [Verkkosivu]. [Viitattu 2.5.2018]. Saatavana: <https://thingsboard.io/docs/iot-video-tutorials>

ANTURIT ESINEIDEN INTERNETISSÄ

*Niko Rudnäs, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka*

1 JOHDANTO

Anturit eivät ole suinkaan mikään uusi keksintö tietotekniikan parissa. Moderneja antureita on ollut olemassa jo monta kymmentä vuotta. Vanhimmat tietoiset lämpötila-anturit ovat saapuneet kaappoihin jo 1800-luvun lopulla.

Teollisen internetin tulo ja sen tuomat tekniikat ovat kuitenkin luoneet antureille aivan uudenlaisia käyttötarkoituksia ja mahdollisuuksia. Osasyynä antureiden suosioon nykypäivänä perustuu niiden halpuuteen, vähäiseen virrankulutukseen, helppokäyttöisyyteen ja monipuolisuuteen.

Anturit soveltuvat moniin eri käyttötarkoituksiin ja useampia antureita on mahdollista yhdistää yhdeksi anturipaketiksi. Antureita hankkiessa tuleekin yleensä vastaan haaste valita sopiva langaton tiedonsiirtotekniikka yhdistettynä käyttökohteen ympäristöön sekä laitteisto- ja ohjelmistopuoleen. Myös anturipaketin fyysinen koko on yksi ratkaiseva tekijä.

Tämän artikkelin tarkoituksena on esitellä, mitä suureita antureilla yleensä mitataan IoT-maailmassa ja minkälaisissa sovelluksissa antureista kerättyä dataa on mahdollista hyödyntää. Lisäksi tarkoituksena on käydä läpi, mitä erilaisia langattomia tiedonsiirtotekniikoita käytetään yleisesti antureiden datan siirtämisessä ja kuinka ne eroavat toisistaan.

2 ESINEIDEN INTERNET

2.1 Määritelmä ja historia

Termi "Internet of Things" tai lyhennettynä "IoT" on yleistynyt viime vuosina. Sillä viitataan usein älykkäisiin laitteisiin, kuten älykkäät kellot, jääkaapit, kodit ja jopa kaupungit. Kyseinen termi tarkoittaa lähinnä fyysisiä laitteita, joita on mahdollis-

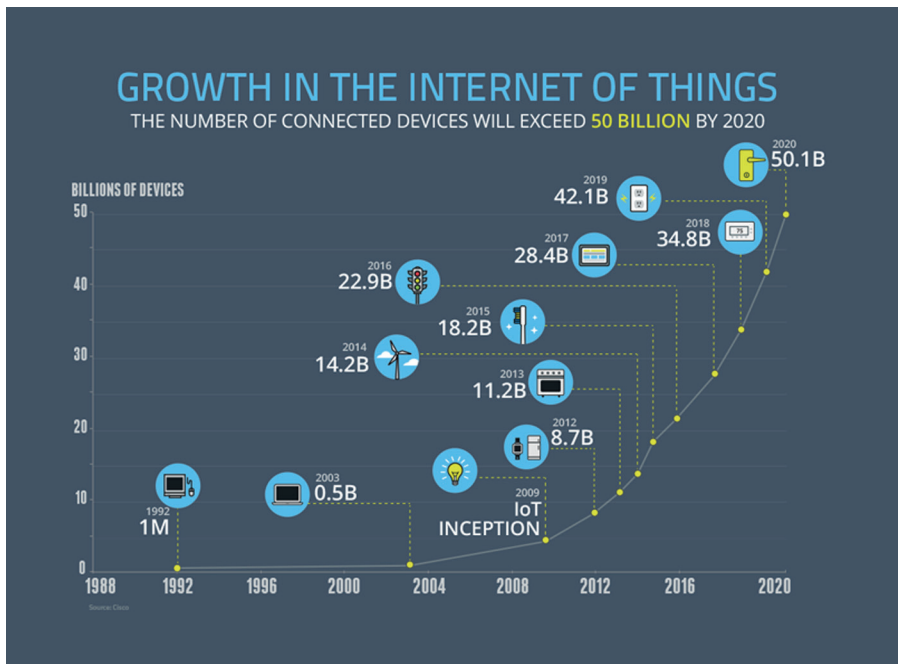
ta kytkeä internetiin. Laitteet ovat niin sanotusti älykkäitä ja osaavat tunnistaa itsensä ja muut laitteet samasta verkosta. (Teollinen internet - mikä se on? 2017.)

Esineiden internet luo uusia toimintamalleja arkiseen elämään. Käyttötarkoituksia voivat olla muun muassa laitteiden etäohjaus, kuten esimerkiksi pesukoneen ja kahvinkeitin käynnistys ja sammutus älypuhelimien avulla. Voidaan esimerkiksi luoda ohjelma vahtimaan sähkön hintaa ja kun hinta on halvimmillaan, ohjelma käynnistää pesu- ja tiskikoneen automaattisesti. Parhaimmillaan esineiden internet helpottaa ja mukavoittaa elämää sekä säästää aikaa.

Tämä uusi mahdollisuus tuo mukanaan myös uusia riskejä. Monissa IoT-laitteissa on hyvin puutteellinen tietoturvan taso ja tämän vuoksi laitteet on helppo kaapata. Vaikka IoT-laitteet eivät ole kovinkaan tehokkaita tietokoneita, pystyvät nekin suorittamaan suuren palvelunestohyökkäyksen, kun tarpeeksi monta laitetta on käskytettyä hyökkäämään samaan aikaan. (Esineiden internet mullistaa elämäämme 2017.)

Määritelmä teollinen internet (IIoT, Industrial Internet of Things) on alakategoria esineiden internetistä. Teollisella internetillä tarkoitetaan yhdistelmää älykkäitä koneita, ihmisiä sekä prosesseja. Sen tarkoitus on myös mahdollistaa uusia liiketoimintamalleja. Teolliseen internetiin kuuluu lähes aina analytiikkaa ja käyttäjien tekemää analysointia. Esimerkkeinä näistä ovat itseohjautuvat ajoneuvot ja monimutkaiset tehtaat. Analyysien hyödyntäminen optimoi energiankäyttöä ja minimoi ylijäämää läpi tuotantoprosessin. Internetiin kytketyt älykkäät esineet ja laitteet täten mahdollistavat teollisen internetin olemassaolon. (Teollinen internet - mikä se on? 2017.)

Arvioiden mukaan vuoteen 2020 mennessä jopa yli 50 miljardia laitetta on yhteydessä internetiin (Kuvio 1).



Kuvio 1. Ciscon arvio IoT-laitteiden määrästä vuoteen 2020 mennessä (Cisco 2017).

2.2 Anturit IoT-maailmassa

Sensoreiden, eli antureiden tarkoitus on kerätä mittaustuloksia käyttäjälle. Hyvä esimerkki sensorista on digitaalinen lämpömittari. Yleisiä mitattavia suureita ovat lämpötila, ilmanpaine, ilmankosteus, valoisuus, magnetismi ja kiihtyvyyys.

Vielä muutama vuosi sitten erilaisten sensoreiden liittäminen järjestelmiin saattoi olla kallista ja työlästä puuhaa. Niitä varten oli yleensä luotava oma tietokanta, johon data tallennetaan ja itse sensorin dataan käsiksi pääsemiseksi oli luotava erilaisia ajureita ja ohjelmakoodeja. Lisäksi sensorit olivat langallisia, joten niitä oli hankala sijoittaa kauas keskusyksiköstä. Nykyään kuitenkin tekniikka on kehittynyt niin paljon, että langattomat sensorit ovat hyvin yleisiä.

Sensorit saattavat sisältää kymmeniä eri antureita pakattuna pieneen tilaan ja antureita on mahdollista kytkeä päälle ja pois etäältä. Lisäksi sensorien ohjelmistot ovat kehittyneet energiatehokkaiksi, joten sensorit toimivat yhdellä paristolla monta vuotta. Dataa on mahdollista siirtää esimerkiksi Bluetooth, WLAN- tai radioyhteydellä keskusyksikköön. Keskusyksiköstä dataa voi visualisoida erilaisilla työkaluilla ja esimerkiksi luoda automaattisia vahteja vahtimaan, ettei jokin suure mene määriteltyjen ääriarajojen väärälle puolelle. Erilaisia toteutuksia varten löytyy

paljon valmiita ratkaisuja, sekä avoimia työkaluja poistamaan monimutkaisia työvaiheita ja antamaan kehittäjälle mahdollisuuden keskittyä olennaiseen.

Sensorien keräämää dataa käytetään esimerkiksi seuraavissa käyttötarkoituksissa:

- Laitteiden huoltotöiden ajoittaminen
- Kehon arvojen mittaaminen (verensokeri, pulssi, lämpötila)
- Kodin automaation ohjaaminen (koneenäkö, ääniohjaus)
- Tehokkuuden lisääminen koneoppimisella
- Jatkuva energian ja veden säästö- ja kulutusmittaus liittämällä mittarit IoT-verkkoon
- Paikkatiedon selvittäminen ja reaaliaikaisten reittiohjeiden saaminen
- Portinvartijana (NFC, RFID, Bluetooth).

Kerätyllä datalla on mahdollista kehittää prosesseja entistä tehokkaammiksi, vahvistaa laitteen kuntoa, esimerkiksi rakennusten kosteutta tai ulkoisen rakennelman lämpötilaa. Tämä säästää monessa tapauksessa paljon resursseja hyvin pienellä kustannuksella. Sensoreilla on myös suuri rooli asioiden automatisoinnissa. Sensorien data voi toimia ohjaimina esimerkiksi ilmanlämpöpumpulle, ilmastoinnille, pattereille ja muille lämmityslaitteille.

2.3 Esimerkkejä IoT-sovelluksista

Uusia antureita kehitetään jatkuvasti ja niiden avulla toteutettavien sovellusten määrä jatkaa kasvamistaan erittäin nopealla tahdilla. Alla on listattuna eri kategoriaittain suosituista sovelluksista, joita luodaan IoT-antureita ja langattomia tiedonsiirtotekniikoita apuna käyttäen. (50 Sensor Applications for a Smarter World 2017.)

Kaupungit:

- Älyparkkeeraus - Monitoroidaan vapaita parkkipaikkoja
- Kunnonvalvonta - Valvotaan värinää ja materiaalin kuntoa rakenteissa.
- Äänikartta - Monitoroidaan melutasoa keskeisillä alueilla reaaliajassa
- Älyvalaistus - Viisas ja säähän adaptoituva katuvalaistus
- Jätehuolto - Valvotaan roskasäiliöiden täyttymistä
- Liikenteen valvonta - Monitoroidaan ajoneuvojen ja jalankulkijoiden määrää.

Ympäristö:

- Metsäpalot - Monitoroidaan palokaasujen määrää metsäpalojen ehkäisemiseksi
- Ilmansaasteet - Valvotaan ilmanlaatua ilman myrkkypitoisuuksien vähentämiseksi
- Lumen määrän valvonta - Latujen kunnon reaaliaikainen monitorointi

- Maanjäristysten aikainen havaitseminen - Laajalle alueelle levitettyjen sensoreiden kiihtyvyyssantureiden datan nopea muuttuminen.

Vesi:

- Mukana kannettava veden laadun tarkastin
- Kemikaalipäästöjen valvonta - Havaitaan kemikaalipäästöt järvissä ja vesistöissä
- Uima-altaan valvonta - Monitoroidaan uima-altaan olosuhteita
- Vuotojen havaitseminen - Havaitaan vuotavat säiliöt tai putket
- Tulvien valvonta - Havaitaan tulvivat padot ja kanavat.

Mittaus:

- Energian kulutuksen valvonta ja hallinta
- Tankin tai säiliön sisällön määrän valvonta
- Toistokertojen laskenta.

Terveys:

- Kaatumisen havaitseminen - Yksinasuvien vanhojen tai vammautuneiden ihmisten avustus
- Henkilön valvonta - Henkilön tilan valvonta etänä
- Ultraviolettisäteilyn määrän valvonta - Varoitetaan vaarallisista määristä UV-säteilyä tiettyinä aikoina.

3 LANGATTOMAT IOT-TIEDONSIIRTOTEKNIIKAT

Langattomat tiedonsiirtotekniikat mahdollistavat nykyaikaisen modernin IoT-ympäristön. Langattomuuden tarve perustuu laajalti siihen, että IoT-laitteet sijaitsevat hankalissa paikoissa tai liikkuvissa osissa, jolloin langallisuus aiheuttaisi monia esteitä helppokäyttöisyydelle ja turvallisuudelle. Langattomia tiedonsiirtotekniikoita on olemassa jo monta erilaista eri käyttötarkoituksiin sopivaa. Uusia tiedonsiirtotekniikoita luodaan jatkuvasti ja myös vanhoja päivitetään uusilla komponenteilla ja ohjelmistopäivityksillä. Tiedonsiirtotekniikat eroavat toisistaan lähinnä virrankulutuksen, tiedonsiirtonopeuden ja kantaman perusteella. Sopivaa tiedonsiirtoprotokollaa valitessaan tulee ottaa huomioon seuraavat asiat: tekniikan kantavuus, tiedonsiirtonopeus, energiantarve ja teknologinen toteutus.

3.1 Matkapuhelinverkot

Matkapuhelinverkkojen historia alkaa 1940-luvulta, kun Motorola yhteistyössä Bell Systemin kanssa toi markkinoille ensimmäisen sukupolven langattoman puhelinverkon. Sitä käytettiin pääosin autoissa olevien radioiden keskeiseen kommunikointiin. Kyseinen tekniikka oli ensimmäisen 1G teknologian edeltäjä ja siksi sitä kutsutaan nykyään 0G verkoksi. Jokaisen langattoman matkapuhelinverkkoversion perässä oleva iso g-kirjain tarkoittaa englanninkielistä sanaa "generation" eli teknologian sukupolvea.

Ensimmäinen oikeaksi matkapuhelintekniikaksi luokiteltu 1G-verkko avattiin julkiseksi 1980-luvulla. Tekniikka mahdollisti pääsääntöisesti ainoastaan puhe-
linsoittojen soittamisen.

Seuraavaksi tulivat 2G-matkapuhelinverkot 1990-luvulla. 2G on toisen sukupolven matkapuhelinteknologia, johon kuului aikaisemman version lisäksi mahdollisuus lähettää tekstiviestejä.

3G saapui markkinoille 2003. Sen mukanaan tuomiin uusiin toimintoihin kuului muun muassa verkkoselailun mahdollistaminen, sähköpostien lähettäminen ja kuvien sekä videoiden lataaminen ja lähettäminen. 3G tekniikka aiheutti suurimman mullistuksen matkapuhelinverkoissa, mitä on tähän asti tapahtunut.

4G-matkapuhelinverkko saapui käyttäjien laitteisiin vuonna 2009. 4G-standardi luotiin pääasiassa nostamaan tiedonsiirtokapasiteettia ja parantamaan saata-
vuutta.

4G-tekniikasta luotiin myöhemmin myös uusi versio, jotka kutsutaan nimellä 4G LTE (Long Term Evolution). Kyseinen versionpäivitys tehtiin mahdollistamaan laitteiden keskustelu keskenään ilman tukiasemaa. (What's a G? 2018.)

Uusimpana matkapuhelinverkkotekniikkana tätä artikkelia kirjoittaessa odotetaan 5G-
matkapuhelinverkon saapumista käyttäjille. 5G-tekniikka sai ensimmäisen viralliset määrittelynsä joulukuussa 2017. 5G-tekniikan tarkoitus on nostattaa nopeuksia entisestään ja vähentää vasteaikaa verkossa. Muita ominaisuuksia, joita 5G hyödyntää tai on tuomassa myöhemmin käyttäjille, ovat muun muassa verkkohyppely eri verkkoversioiden välillä, vähävirtaisuus ja tuki suuremmalle laitemäärälle tiheältä alueelta. (Introducing 5G networks – Characteristics and usages 2018.)

3.2 Matkapuhelinverkot IoT käytössä

Matkapuhelinverkot sopivat erinomaisesti IoT-laitteiden käytettäväksi niiden globaalien kattavuuden ja pienten kustannusten puolesta. Matkapuhelinverkkoa käyttävät IoT-laitteet tarvitsevat jonkinlaisen SIM-kortin, kuten normaalit matkapuhelimet. Perinteinen fyysinen SIM-kortti ei ole paras ratkaisu, koska IoT-laitteissa pyritään mahdollisimman pieneen kustannukseen, kokoon ja virrankulutukseen. On kuitenkin jo olemassa toinen vaihtoehto, piiriin integroitu sulautettu SIM-kortti. Kyseistä tekniikkaa kutsutaan nimellä eSIM (Embedded SIM) tai Soft SIM. Matkapuhelinverkkoa on mahdollista hyödyntää esimerkiksi aikaisemmin mainituissa IoT-sovelluksissa. (Cellular networks for massive IoT 2016.)

3.2.1 NB-IoT

NB-IoT (Narrow Band-IoT) on 3GPP-yhtiön standardisoima LPWAN-teknologia. Sen kehittämiseen on osallistunut useita maailmanluokan tietoliikenneyrityksiä, kuten Nokia, Ericsson, Huawei ja Intel. Teknologia mahdollistaa suuren IoT-laitteiden määrän kytkemisen verkkoon ja niiden lähettämän datan seuraamisen reaaliajassa. NB-IoT on suunniteltu toimimaan hyvin pienellä virrankulutuksella, mutta silti säilyttämään erinomaisen kuuluvuuden hankaliinkin paikkoihin kuten kellareihin tai varastoihin. (Taulukko 1). Teknologia on pääosin tarkoitettu käytettäväksi paristoilla toimivissa laitteissa, jotka lähettävät pieniä määriä mittaustietoa epäsuorasti. NB-IoT toimii lisensoituilla taajuuksilla, joten muiden teknologioiden häiriöt ovat minimaaliset. Yhden NB-IoT -laitteen kuukausimaksun IoT-verkossa on ennustettu olevan noin yhden euron. (NB-IoT luo uusia yhteyksiä 2018.)

3.2.2 LTE-M

LTE-M on 4G-matkapuhelinverkkoteknologian alakategoria. Se mahdollistaa NB-IoT:n tavoin paristokäyttöisten laitteiden kytkemisen suoraan 4G- tai 5G-verkkoon ilman tukiasemaa. Eroja NB-IoT -tekniikkaan on huomattavasti suurempi kaistanleveys ja pienempi vasteaika. Tästä syystä LTE-M kuuluvuus ja läpäisy ovat heikompia kuin NB-IoT:ssa. (Taulukko 1). LTE-M tukee lisäksi liikkuvaa paikannusta sekä äänen siirtämistä. LTE-M on tarkoitettu aluksi käyttöön Yhdysvalloissa, kun taas NB-IoT avataan ensiksi vain Euroopassa. (What is LTE-M? 2017.)

3.2.3 EC-GSM-IoT

EC-GSM-IoT pohjautuu EGPRS (Enchanted GPRS) -standardiin. Tekniikka on samantyylinen kuin LTE-M, sillä sekin on mahdollista integroida olemassa oleviin matkapuhelinverkkoihin pelkällä tukiaseman ohjelmistopäivityksellä. EC-GSM-IoT

rakennetaan kuitenkin 2G-verkkoihin, toisin kuin LTE-M, joka operoi 4G-verkossa. Tämä käytännössä tarkoittaa myös sitä, että sen tiedonsiirtonopeus on paljon hitaampi kuin LTE-M -tekniikan. (Taulukko 1). EC-GSM-IoT -tekniikan markkina-syynästä ei ole vielä paljoa tietoa. (LTE-IoT-Technologies 2018.)

Taulukko 1. Matkapuhelinverkkoteknologioiden vertailu.

	LTE-M	NB-IoT	EC-GSM-IoT
Latausnopeus (Max)	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
Lähetysnopeus (Max)	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
Duplex -tila	Puolikas tai täysi	Puolikas	Puolikas
Kaistanleveys	1.4 MHz	0.18 MHz	0.2 MHz
Suurin lähetysteho	20 tai 23 dBm	23 dBm	20 tai 33 dBm

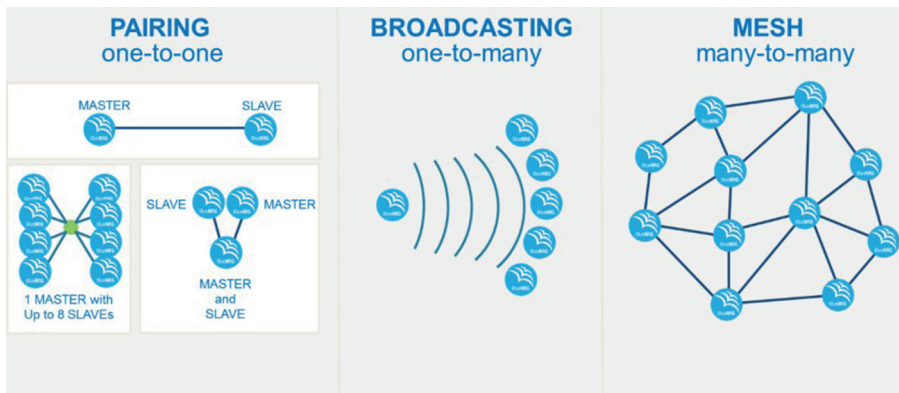
3.3 Bluetooth

Bluetooth on radiokommunikaatioteknologia, joka toimii lyhyillä etäisyyksillä ja pienellä virrankulutuksella. Yleisimpiä käyttötarkoituksia ovat Bluetooth-laitteen langaton yhteys tietokoneen tai puhelimen välillä. Tämä sallii esimerkiksi musiikin toistamisen langattomasti vastaanottavassa Bluetooth-kuulokkeessa. (What Is Bluetooth wireless networking? 2017.)

3.3.1 Bluetooth 4.0

Bluetooth 4.0 tai Bluetooth Smart on vuonna 2010 julkaistu Bluetooth-versio, joka toi mukanaan perinteisen Bluetoothin ominaisuuksien lisäksi suuren nopeuden Bluetoothin (Bluetooth High Speed), sekä matalan energiakulutuksen Bluetoothin (Bluetooth Low Energy) -protokollat. Lisäksi uuden version mukana paranneltiin kuuluvuutta, tiedonsiirtonopeutta sekä taajuushyppelyn toiminnallisuutta.

Bluetooth Smart mahdollistaa erilaisia topologioita laitteiden välille. Topologioita ovat one-to-one, one-to-many sekä many-to-many. One-to-one mahdollistaa kahden laitteen keskinäisen kommunikaation. One-to-many mahdollistaa yhden laitteen kommunikoinnin useamman muun laitteen kanssa. Many-to-many (mesh) mahdollistaa kaikkien samaan topologiaan liitettyjen laitteiden kommunikaation keskenään olematta suorassa yhteydessä tiettyyn laitteeseen, jonka kanssa halutaan kommunikoida. Tässä on etuna varsinkin se, että jos yksi laite sammuu verkosta, ei se keskeytä tiedonkulkua muiden laitteiden välillä (Kuvio 2).



Kuvio 2. Bluetooth Smart -topologioiden visuaalinen kuvaus (Veneri 2017).

Bluetooth Low Energy (BLE) -laitteet on suunnattu kuluttamaan vähän energiaa ja siten lisäämään akku- ja paristokäyttöisten laitteiden käyttöaika. Tämä uudistus toi markkinoille suuren määrän paristoilla toimivia Bluetooth IoT-laitteita. Näiden yleisimpiin käyttötarkoituksiin kuului eri antureiden mittauservojen lähettäminen tietyin väliajoin tukiasemille. (Sig introduces Bluetooth Low Energy wireless technology, the next generation of Bluetooth wireless technology 2018.)

3.3.2 Bluetooth 5

Bluetooth 5 on uusi versio Bluetooth teknologiaa. Tämä versio tuo mahdollisuuden valita kahden eri parannuksen väliltä. Ensimmäinen on kaksinkertainen tiedonsiirtonopeus Bluetooth Smarttiin verrattuna eli noin 2 Mbit/s. Toisena vaihtoehtona voidaan valita kaksinkertainen kantama aikaisempaan versioon, jolloin kantama olisi jopa 200 metriä. Molempia ei voi saada kuitenkaan samanaikaisesti, vaan toinen pitää valita. Lisäksi datan lähetyskapasiteetti nousee paljon ja taajuushyppelyn aiheuttamat häiriöt pienenevät. (Bluetooth 5 2018.)

3.4 WiFi (HaLow)

Perinteinen WiFi on monelle tuttu sen helppokäyttöisyydestä, tuettujen laitteiden määrästä sekä nopeasta tiedonsiirtokapasiteetista. WiFi perustuu IEEE 802.11 -standardiin. Se jakautuu kuitenkin myös useampaan alakategoriaan. Standardin alakategoriat eroavat toisistaan lähinnä suurimman tuetun tiedonsiirtokapasiteetin ja taajuuden mukaan. Nämä kaikki standardin alakategoriat ovat kuitenkin virrankulutukseltaan niin vaativia, etteivät ne sovi paristokäyttöisiin IoT-laitteisiin.

WiFi HaLow perustuu WiFin uuteen ah -standardiin. Tässä versiossa virrankulutus ja signaalin vahvuus on optimoitu IoT-laitteille laskemalla signaalin taajuutta

(900MHz). Lisäksi standardin mukana tuli vielä ominaisuus, joka herättää laitteen vain silloin kun dataa täytyy lähettää säästäten täten virtaa. Siruvalmistajat eivät kuitenkaan ole olleet kovinkaan kiinnostuneita lisäämään WiFi HaLow -tukea omiin valmisteisiinsa. (Parekh 2017.)

3.5 SigFox & LoRa

Long Range (LoRa) ja SigFox ovat molemmat Low-Power Wide-Area Network (LP-WAN) -mallin mukaisia langattomia vähävirtaisia telekommunikaatioprotokollia. Protokollat ovat periaatteeltaan samankaltaisia, vaikka tekniikan takana olevien yritysten toimintatavat ovat erilaisia. (Taulukko 2). Suurin ero tekniikoissa on, että LoRa on suunniteltu kaksisuuntaiseen kommunikaatioon. (SigFox Vs. LoRa: A comparison between technologies & business models 2016.)

Taulukko 2. LoRa:n ja SigFox'in vertailu.

	SigFox	LoRa
Taajuus	868/902 MHz	433/868/915 MHz
Kantavuus kaupunkialueilla	3-10km	2-5km
Kantavuus maaseudulla	30-50km	15-20km
Paketin koko	12 bittiä	Käyttäjän määrittelemä
Max. Laitteita / Tukiasema	1M	100k
Topologia	Tähti	Tähti

3.5.1 SigFox

SigFox on patentoitu kapeakaistainen LPWAN-verkkoteknologia, joka käyttää radiotaajuutta tiedonsiirrossa. SigFox yrityksenä ylläpitää omaa verkkoaan ja verkkojen saatavuus onkin erittäin hyvä ympäri maailmaa.

Tekniikan toiminta perustuu siihen, että laite lähettää hyvin pieniä määriä dataa ja erittäin hitaalla siirtonopeudella. SigFox sopii käytettäväksi IoT-laitteissa, joiden datan seuraaminen reaaliajassa ei ole tärkeää. Tiedon lähetys verkossa on yksisuuntaista laitteelta tukiasemalle, mutta se saattaa muuttua tulevaisuudessa.

Yhden SigFox tukiaseman peittoalue voi olla jopa 50 kilometriä. Operaattorin veloittama vuosimaksu laitetta kohden vaihtelee noin 1 ja 20 euron välillä. SigFox ei itse valmista eikä myy IoT-laitteita, jotka hyödyntävät SigFox verkkoteknologiaa. (What Is SigFox? 2015.)

3.5.2 LoRa

Myöskin LoRa on patentoitu kapeakaistainen LPWAN-verkkoteknologia, joka operoi radiotaajuuksilla. Teknologian on kehittänyt Semtech, joka myös yksinöidellä valmistaa sitä käyttäviä piirisarjoja. LoRa-teknologian kehityksestä vastaa LoRa Alliance -järjestö. Järjestöön kuuluu satoja yrityksiä, joista tunnetuimpia ovat IBM ja Cisco. Verkkoa, joka koostuu LoRa-päätelaitteista ja reitittimistä sekä taustalla toimivista palvelimista ja sovelluksista, kutsutaan nimellä LoRaWAN.

LoRa-teknologian toiminta perustuu hajaspektrimodulaatioon, jonka ominaisuuksiin kuuluu suuri häiriönsieto ja esteiden pieni vaikutus signaaliin. Digita tarjoaa Suomessa LoRa-verkkoa maksua vastaan. Digitan verkon kattavuus Suomessa on hyvä suurempien kaupunkien kohdalla. LoRa tukiasemia on mahdollista myös rakentaa itse melko edullisesti, jolloin kuukausittaisia lisäkustannuksia ei synny ja verkon peittoalueen pystyy määrittämään itse esimerkiksi varaston sisäiseksi. LoRa-teknologiaa hyödyntäviä päätelaitteita on kolmea eri luokkaa (Class A, Class B, Class C) ja ne eroavat toisistaan lähinnä tehokkuudeltaan. A-luokan laitteet on suunniteltu paristoilla käytettäväksi pienimmän virrankulutuksen ansiosta.

LoRaWAN-verkkoa hyödyntävät IoT-ratkaisut on tarkoitettu lähinnä pitkäikäiseen käyttöön, jossa lähetettävä data on hyvin pientä ja datan käsittely reaaliajassa ei ole tarpeellista. Viestien tyypilliset lähetystiheydet ovat 15 - 60 minuuttia riippuen käytettävästä hajotuskertoimesta (Spreading factor). Antureiden käyttöikä yhdellä paristolla voi olla jopa 10 vuotta. (Mikä on LoRaWAN? 2017.)

4 OMAT POHDINNAT

Tätä artikkelia kirjoittaessa vähävirtaiset langattomat anturit ovat vielä suhteellisen uusi asia, eikä markkinoilta löydy suurta valikoimaa tuotannolliseen käyttötarkoitukseen soveltuvia valmiita anturipaketteja.

Internetistä löytää monia kehitykseen soveltuvia alustoja, mutta ne eivät sovi täysipäiväiseen vaativaan käyttöön erinäisistä syistä johtuen. Syitä ovat esimerkiksi rosketiiviin suojakotelon puuttuminen tai se, että laite täytyy olla suoraan kytkettynä verkkovirtaan. Lisäksi laitteen koko on merkitsevä tekijä.

Langattomista IoT:n tiedonsiirtotekniikoista pidän ehdottomasti potentiaalisimpana NB-IoT tekniikkaa, vaikka se on vasta testikäytössä. Kyseinen tekniikka mahdollistaa edulliset ja monipuoliset toteutukset silloin, kun jatkuva datan

lukeminen ei ole tarpeellista. Tekniikkaa hyödyntäen on mahdollista asentaa huoltovapaita sensoreita hankaliin paikkoihin, jossa ne voivat operoida jopa 10 vuotta koskemattomina.

LTE-M -tekniikka tuo samat edut, mutta hieman huonommalla kuuluvuudella ja läpäisyominaisuudella. Lisäksi LTE-M sisältää muita ominaisuuksia, joita ei ole mukana NB-IoT tekniikassa, mutta LTE-M -tekniikan käyttöhinta on todennäköisesti kalliimpi kuin NB-IoT:n. Myös LTE-M tulee varmasti olemaan hyvin vahvassa asemassa markkinoilla.

Kirjoittaja uskoo myös suurimman osan LoRa ja SigFox -tekniikoiden käyttäjistä siirtyvän NB-IoT -tekniikkaan, kun se tulee kaupalliseksi. NB-IoT mahdollistaa saman toteutuksen kuin LoRa ja SigFox, mutta paljon edullisemmin ja yksinkertaisemmin toteutettavana. NB-IoT sisältää myös roaming ominaisuuden, joten sitä hyödyntävät anturit voivat liikkua maailmanlaajuisesti ja hyödyntää kyseistä verkkoa kaikkialla, missä se on saatavilla. Toisin kuin LoRa ja SigFox, NB-IoT -laitteet eivät tarvitse erillistä tukiasemaa datan viemiseksi pilveen, vaan ne ovat matkapuhelinverkossa ja täten voivat hyödyntää matkapuhelinverkon tukiasemia, joita on erittäin tiheään ympäri maailmaa.

Bluetooth on yksi suosituimmista tiedonsiirtotavoista tällä hetkellä IoT-maailmassa, eikä kirjoittaja usko sen suosion heikkenevän vielä moneen vuoteen. Bluetooth mahdollistaa suurien datamäärien siirtämisen jatkuvasti reaaliajassa. Bluetoothin suurin vajeavuus on sen lyhyt kantavuus, joten sensoreita ei voi sijoittaa erityisen kauas tukiasemista.

KIITOKSET

Tämä artikkeli on valmisteltu osana Kyberi -hanketta. Kiitokset hankkeen ja tämän artikkelin rahoittamisesta Etelä-Pohjanmaan liitolle (EAKR).

LÄHTEET

50 sensor applications for a smarter world. 2017. [Verkkosivu]. Libelium. [Viitattu 8.3.2018]. Saatavana: http://www.libelium.com/resources/top_50_iiot_sensor_applications_ranking/

Bluetooth 5. 2018. [Verkkosivu]. Nordic semiconductor. [Viitattu 13.3.2018]. Saatavana: <https://www.nordicsemi.com/eng/Products/Bluetooth-5>

Cellular networks for massive IoT. 2016. [Verkkoliite]. Ericsson. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: https://www.ericsson.com/assets/local/publications/white-papers/wp_iiot.pdf

Cisco: Enterprises are leading The Internet of Things innovation. 2017. [Verkkosivu]. HuffPost. [Viitattu 4.5.2018]. Saatavana: https://www.huffingtonpost.com/entry/cisco-enterprises-are-leading-the-internet-of-things_us_59a41fcee4b0a62d0987b0c6

Esineiden internet mullistaa elämäämme. 2.8.2017. [Verkkosivu]. Nordea. [Viitattu 5.3.2018]. Saatavana: <https://www.nordea.com/fi/media/uutiset-ja-lehdistotiedotteet/kohti-tulevaisuuden-pankkia/2016/2017-08-02-esineiden-internet-mullistaa-elamamme%20.html>

Introducing 5G networks – Characteristics and usages. 2018. [Verkkosivu]. Gemalto. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://www.gemalto.com/mobile/inspired/5G>

LTE-IoT-Technologies. 2017. [Verkkosivu]. LinkLabs. [Viitattu 12.3.2018]. Saatavana: <https://www.link-labs.com/blog/lte-iot-technologies>

Mikä on LoRaWAN? 2017. [Verkkosivu]. Digita. [Viitattu 15.3.2018]. Saatavana: https://www.digita.fi/yrityksille/iot/mika_on_lorawan

NB-IoT luo uusia yhteyksiä. 2018. [Verkkosivu]. Telia. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://www.telia.fi/yrityksille/tuotteet/liittymat/iot-ratkaisut/nb-iot>

Parekh, J. 2017. WiFi's evolving role in IoT. [Verkkoartikkeli]. Networkworld. [Viitattu 14.3.2018]. Saatavana: <https://www.networkworld.com/article/3196191/lan-wan/wifi-s-evolving-role-in-iot.html>

Sig introduces Bluetooth low energy wireless technology, the next generation of Bluetooth wireless technology. 2018. [Verkkosivu]. Bluetooth Sig. [Viitattu 13.3.2018]. Saatavana: <https://www.bluetooth.com/news/pressreleases/2009/12/17/sig-introduces-bluetooth-low-energy-wireless-technologythe-next-generation-of-bluetooth-wireless-technology>

SigFox Vs. LoRa: A comparison between technologies & business models. 2016. [Verkkosivu]. LinkLabs. [Viitattu 14.3.2018]. Saatavana: <https://www.link-labs.com/blog/sigfox-vs-lora>

Teollinen internet - mikä se on? 2017. [Verkkosivu]. Tieto. [Viitattu 5.3.2018]. Saatavana: <https://www.tieto.fi/nakemyksia-ja-visioita/teollinen-internet-mika-se-on>

Veneri, M. 20.11.2017. Bluetooth mesh can result in a smarter industrial environment. [Verkkoartikkeli]. Embedded computing design. [Viitattu 4.5.2018]. Saatavana: <http://www.embedded-computing.com/networking/blue-mesh-can-result-in-a-smarter-industrial-environment>

What's a G? 2018. [Verkkosivu]. Whatsag. [Viitattu 8.3.2018]. Saatavana: <https://whatsag.com/>

What is LTE-M? 2017. [Verkkosivu]. LinkLabs. [Viitattu 9.3.2018]. Saatavana: <https://www.link-labs.com/blog/what-is-lte-m>

What Is SigFox? 2015. [Verkkosivu]. LinkLabs. [Viitattu 15.3.2018]. Saatavana: <https://www.link-labs.com/blog/what-is-sigfox>

What Is Bluetooth wireless networking? 2017. [Verkkosivu]. lifewire. [Viitattu 13.3.2018]. Saatavana: <https://www.lifewire.com/definition-of-bluetooth-816260>



Digitaalisuus rakennetussa ympäristössä

UTILIZING REMOTELY PILOTED AERIAL SYSTEM FOR ACHIEVING IMAGES FOR PHOTOGRAMMETRIC STUDIES

*Pasi Junell, D.Sc. (tech), Principal lecturer
SeAMK School of Technology*

*Rinaldo Rütli, M.Sc., Engineer
TTÜ Tartu College*

1 INTRODUCTION

Drone based photogrammetric studies are receiving increasing interest at both institutions, the School of Technology of Seinäjoki University of Applied Sciences (SeAMK) and Tartu College of Tallinn University of Technology (TTÜ). The main application areas of these studies are civil engineering, agriculture, environmental studies and in general the generation of virtual reality environments. The purpose of this article is to review the effect of the camera settings on these studies on the literature basis.

Often the importance of the image acquisition side of the photogrammetry is underestimated. As the flight of a drone can be completely automated, the post processing of the images is often considered as the most important part on the photogrammetric study. However, the image quality is the most important factor in successful photogrammetry. And the image quality results from camera settings combined with the flight parameters of the drone. Therefore, it is of key importance to pay attention to these parameters.

Geometric accuracy and the level of reproduced small features are important factors on photogrammetric studies. Therefore, these factors have received considerable amount of attention on recent scientific and technical literature. Increasing number of articles considering drone based photogrammetry and remote sensing has been published since 2004 (Colomina and Molina 2014), and the technology can be considered quite mature for applied use. On one hand, very good accuracy and level of details can be achieved by using state of the art drone equipped with calibrated camera. On the other hand, the state of the

art drone and calibrated camera is still relatively expensive. On many occasions sufficient accuracy can be achieved with lower cost commercial drone equipped with uncalibrated camera.

Features like motion induced blur can be at least partially corrected in post processing of the images (Sieberth et al. 2014; Sieberth et al. 2015). Similar case is with incorrect colors in images. Also by modelling the image acquisition, the distortion caused by utilization of rolling shutter camera can be corrected afterwards (Vautherin et al. 2016). Even though post processing provides significant possibilities to enhance the accuracy of the photogrammetric model, careful preflight planning is in a determinative role in the model accuracy.

2 REMOTELY PILOTED AERIAL SYSTEM

Remotely piloted aerial system (RPAS) consists from two parts, a ground station and a flying platform, which is often called as a drone. In principle, the drone can be a fixed wing aircraft or a rotary wing copter. At SeAMK and TTÜ the utilized drones are multicopters. Therefore, this section describes only multicopter based RPAS.

2.1 Hardware

The ground station on multicopter based RPAS consists from remote controller of the aircraft and from tablet computer. With the remote controller, the aircraft can be flown in manual mode. The map based automated flight can be programmed with the ground station's computer. Typically on photogrammetric study both flying modes are utilized. The utilized flying mode depends on the object from which the photogrammetric model is constructed.

A commercial DJI Phantom 4 Pro multicopter drone is used at SeAMK for photogrammetric modelling. Phantom 4 Pro is equipped with stabilized camera with 84° field of view (FOV). For photographs the manual ISO range of the camera is 100 – 12800 and with the aspect ratio of 3:2 the image size is 5472 × 3648 pixels (20 MP). At TTÜ a DJI Matrice 100 is utilized in photogrammetric image acquisition. The Matrice 100 is equipped with the Zenmuse X3 camera with a FOV of 94 degrees, ISO range 100-3200 and 12,4 MP.



Figure 1. a) DJI Phantom 4 Pro and b) DJI Matrice 100. Phantom 4 Pro is used at SeAMK and Matrice 100 at TTÜ.

2.2 Software

There are some different software possibilities to use for automated mission planning with DJI multicopters. The DroneDeploy and DJI GS Pro mission planning softwares have been in use at SeAMK. At TTÜ the software used are the same in addition to Map Pilot for DJI. DroneDeploy software is a commercial software with also postprocessing capabilities. The GS Pro software can only be used for flight planning, but the software is free for use. Often the post processing of images is intended to be done on separate software and therefore GS Pro is sufficient for photogrammetric purposes. Map Pilot for DJI is a simple and straightforward mapping application to be used with DJI drones via a smart device.

3 REQUIREMENTS FOR PHOTOGRAMMETRY

The aim of the photogrammetry is to produce a three dimensional geometry. This is accomplished by the triangulation of the information from two dimensional images. The image acquisition can be done with any digital camera. However, for large objects and environments the utilization of a drone on the image acquisition is very useful.

3.1 UAV photogrammetric workflow

As the name suggests, the required input for creating a photogrammetric model is a sufficient amount of good quality georeferenced images. To acquire those images, there are several steps to be taken. In general, the workflow of an automated acquisition of images is the following:

1. Defining the area to be mapped;
2. Laying down ground control points (optional);
3. Setting the flight parameters (area to be mapped, direction of flight, altitude, overlap of images, camera parameters, etc) in the flight software;
4. Uploading the flight plan to the drone;
5. Perform the flight or multiple flights depending on the drone and its capabilities;
6. Exporting and post-processing of images.

The forthcoming paragraphs concentrate on the image quality and on the factors affecting it. These should be considered when setting the flight parameters for the drone.

3.2 Image quality

The image quality is of determinative importance in photogrammetry. Furthermore, the image quality is determined when setting up the camera parameters and flight parameters of the drone. The essential parameters to be considered from the image quality perspective are the selected aperture size, the ISO setting and the shutter speed of the camera. The exposure triangle of figure 2 helps to see the effect of these parameters.

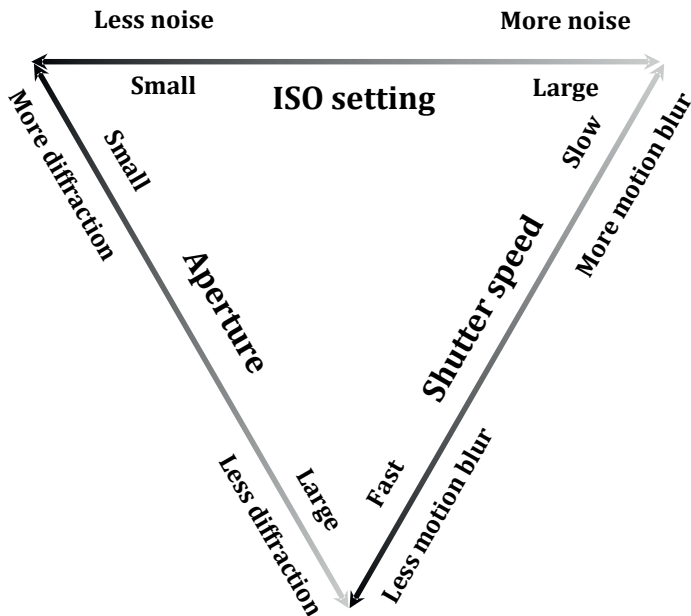


Figure 2. The exposure triangle of digital imaging (O'Connor et al. 2017).

On a photogrammetric study, the setting of the camera parameters is perhaps best to start by selecting the used aperture size. The aperture size determines how much photons will enter to the detector. Therefore large aperture leads to more illuminated image as depicted on the exposure triangle grey color on the aperture arrow. Larger aperture also leads to less diffraction on the image. However, aperture size is in the inverse sense connected to the depth of the sharply focused information on the image. With a large aperture the sharpness of the image is limited on smaller distance range from the camera. Typically on a photogrammetric study there are three dimensional objects on the image. Therefore, the smaller aperture would be better for a photogrammetric study. (O'Connor et al. 2017.)

Aperture can be selected in the range of $f/2.8$ – $f/11$ on a Phantom 4 Pro. The distance range of the sharp image area is quite low for photogrammetry if $f/2.8$ aperture is used. On the other hand, the diffraction hinders the image resolution on the camera if $f/11$ aperture is selected. This is due to the pixel size on the camera detector. On Phantom 4 Pro camera the pixel size is approximately $2,35 \mu\text{m}$. If the $f/11$ aperture is used, the diffraction Airy disc size is approximately $14,8 \mu\text{m}$. This will be a limiting factor of small feature detection. Based on these considerations, a good starting point for photogrammetry would be to use aperture size of $f/4$ or $f/5$. By this selection the diffraction still does not limit the feature detection too severely and distance range of the sharp image information is somewhat increased.

Deciding the ISO range and shutter speed should be done accompanied with the decision of the flight parameters. In general, the ISO range should be as small as possible, because increasing ISO range also increases the noise on the image. On the other hand, there should be enough light exposure on the image in order to get the information out of the image. The light exposure can be increased by selecting slower shutter speed. But slower shutter speed leads to motion blur on the image. With a multicopter drone the motion blur can also be decreased by making the drone fly slower. In extreme, the multicopter can even be stopped for the image exposure time. This however leads to smaller coverage area of one flight. Also it is worth remembering that some motion blur may occur because of environmental conditions. For instance on a windy day, the trees will be moving due to the wind and this will also cause motion blur for the image.

The ISO range and the shutter speed is naturally also affected by the lighting conditions. In principle, sunny day would be better for photogrammetric image acquisition. This is due to possibility to choose smaller ISO range accompanied with faster shutter speed. On the other hand, on a sunny day there will also

shadows if the studied site is composed of 3D objects. This will probably lead to color and/or geometric errors on the resulting photogrammetric model. In this sense, a cloudy day would be better for photogrammetric imaging. The best case scenario would be calm and cloudy day and small enough area to be analyzed. In this case one could choose small ISO range and slow shutter speed, and set the drone to stop for the image acquisition. Unfortunately, these optimal conditions are quite rare and compromises have to be made on the imaging parameters. The effect of motion blur is discussed more on the next section.

3.3 Motion blur

An important aspect of images used in photogrammetry is the lack of motion blur. Blurry images cannot be appropriately processed and therefore it should be avoided. There are several things to consider when capturing images. First of all, motion blur is largely influenced by the light available, secondly by drone speed and thirdly by previously mentioned camera parameters (ISO, aperture and shutter speed). The more light is available during the mapping process, the faster can a drone fly and take pictures without motion blur. Also, in bright conditions the need for very high-quality cameras with very large ISO, fast shutter and large aperture, will not be necessary. Same principles apply to regular photography. So sunny days are usually preferable to overcast days or to flying in the evening.

One other property of the camera, which is frequently neglected is the type of shutter that is used. This is an inherent aspect of the camera, so it cannot be changed and must be taken into consideration when purchasing the camera. There are two kinds of shutters that are being used, one is rolling shutter, and another is global shutter. Rolling shutter is the more popular one but is less desirable. A global shutter exposes the whole part of the camera sensor in one time, whereas a rolling shutter exposes different parts of the sensor in different times as it „rolls“ shut. Rolling shutter may operate very rapidly, but since the drone is flying very fast (in good conditions more than 50 kph), then even a slight delay might cause motion blur. Therefore, global shutter is preferable. (Vautherin et al. 2016.)

Another origin of motion blur is the drone itself. The mechanical vibration of the drones' electric motors will affect the camera. A common remedy for this problem is the use of rubber dampers between the camera fixture and the drone body. In addition, gimbals can be used to further reduce vibration and maintain camera position. When a drone flies a mapping mission and it carries a camera with a rigid fixture, the angle of the camera changes with every acceleration and deceleration and cause images to be non-nadir. This is usually not desirable in

post-processing. This problem is usually present in fixed-wing drones. Today there are available 3-axis gyroscope stabilized gimbals, which maintain the position of the camera and can also help reduce vibrations.

3.4 Resolution

Image resolution is probably one of the most important factor when considering photogrammetric imaging. Digital image divides the image area into pixel information. Figure 3 visualizes the image digitalization. Digitalization produces also noise as pixel area information is an average of all the information that is recorded from the pixel area. This can easily be seen by magnifying a digital image. The digitalization noise limits the smallest feature that can be identified from the image. Typically a feature can be detected if it is ~5 pixels across. This of course is also dependent on the quality factors of the image.

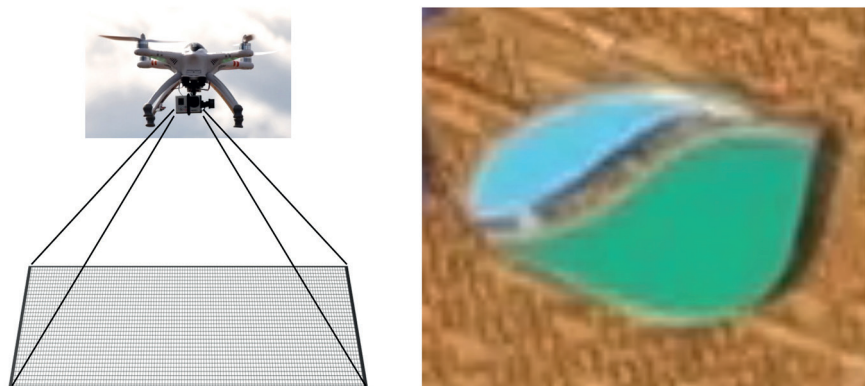


Figure 3. Drone image digitalization and digitalization induced noise.

Flight planning of the drone should always include the consideration of the smallest features that should be identified from the images. The pixel size on the imaged object (GSD, Ground Sample Distance) can be calculated with the basic optics equation

$$GSD = \frac{2 \cdot h \cdot \arctan(S_{det})}{2 \cdot f} \approx \frac{h \cdot S_{det}}{f}$$

where S_{det} is the pixel size on the camera detector and f is the focal length of the camera lens. In the equation, h is the distance from camera lens to the object. Often the distance is the flying height of the drone. However, also diagonal images are often taken in photogrammetry and in this case the distance should be considered other way.

For Phantom 4 Pro the pixel size on the detector is approximately 2,35 μm and the focal length 8,60 mm. Therefore by flying at height of 50 m, the pixel size on the ground level is approximately 1,37 cm. With this pixel size, a 6,83 cm feature will contain five pixels. The calculation can of course be performed other way around. If a feature, which has a diameter of 3 cm is intended to be identified, then the maximum flying altitude is approximately 22 meters. The situation is possibly more complicated in reality. There are often height differences in the photogrammetric object. The distance between camera and the object may thus change and this should also be considered.

The above considerations assume that every pixel produce usable information. Smaller GSDs are typically required for resolving 3D structural information, even though the number of pixels in a feature may be reduced to three (McGlone 2013). This leads to conclusion that the above flying parameters are a good starting point for flight planning. The planning should also take into account the whole area that is to be studied. The image area of Phantom 4 Pro is approximately 75 m \times 50 m when flying at 50 m high. The image overlap is typically set to 80 % for photogrammetric studies. One would need about ten images to scan one hectare area at this altitude. If the flying altitude has to be set to 22 meters for the accuracy reasons, then the image area would be approximately 33 m \times 22 m. Then the lower altitude flying would already require 64 images to cover one hectare. One hectare area is quite small but as this calculation shows, the need to detect smaller details on the analysis will rapidly increase the number of needed images. And this in turn increases the flight time especially if the drone is stopped for image taking. This raises the question of motion blur. A lot of flying time is saved if the done may be flown in a continuous manner.

The amount of motion blur may be calculated in pixels by equation

$$blur = \frac{v \cdot t}{GSD}$$

where v is the flying velocity of the drone, t is the shutter speed and the GSD is the ground sample distance (pixel size on the object). For instance, if the detected feature is 3 cm in diameter and the 5-pixel rule is applied, the GSD would be 6 mm. If at this case the shutter speed would be set to 1/500 s, then the 3 m/s flying speed would result in one pixel motion blur.

3.5 Overlap of images

Many images are needed to process photogrammetric 3D models. The exact number depends on the size of the mappable area and the desired level of detail. Larger areas and the need for high detail require more images, since the data collection will take longer and will be probably done at a lower altitude. The images gathered need to have a significant overlap to be suitable for processing.

Flying autonomously using a predetermined flight plan allows to maintain a uniform overlap of images over the whole area. Usually the most efficient flight path is to fly a grid pattern in straight lines parallel to the longest edge of the mappable area. This allows to reduce the number of turns a drone has to make and thus reduce the duration of mapping mission. For mapping an individual object such as a building, multiple mapping missions should be done to capture the facades of the objects, which are not seen from directly above. These missions should include circular flight paths around the object at different heights with the camera pointed towards the building at a 10-45 degree angle.

Image overlap is important, when mapping an area, because the basis of photogrammetry is comparing several images which contain the same objects. From these images a 3D model can be reconstructed. Objects on the images should be distinctable from the surrounding terrain, otherwise reconstruction cannot be made. For simple terrains an object should be seen on at least 4 different images from different angles, but when mappable objects are more complex (e.g. buildings or trees), the number of images where an object is seen must be higher, even as high as ten. This can be achieved by increasing overlapping of images. For simple image stitching a relatively small overlap is sufficient, but for reconstructing 3D models an overlap of more than 60% is usually needed. 90% of overlap is the highest amount that is still reasonable. Beyond that the number of images to be processed increases a lot. Frontlap and sidelap do not have to be the same. The specific number depends on the software used and on the nature of the mapped objects and terrain. Both complex and very monotonous (e.g. large fields) terrains need higher overlap.

3.6 Positioning information

To create photogrammetric models of high quality the images used should be geotagged. Geotagged or georeferenced images contain geographical information that usually include longitude latitude and altitude of the location where the image was taken. This information is stored in the image EXIF data and is used

when creating photogrammetric models in related software such as PhotoScan, Pix4Dmapper, Autodesk Remake, Reality Capture, 3DF Zephyr, etc.

Geographic information is added to the images during the flight using information from the onboard GPS receiver. Although the geotagging can be made post-flight if the GPS device is separated from the flight controller. The onboard GPS or GNSS device has limited accuracy, which can create errors up to several meters. Size of the errors depend on how many satellites are being used to identify the position and what is their position. Bigger errors are usually in altitude (z-axis).

There are several methods to improve the positional accuracy, which differ in cost, ease of use and the equipment required. One of the widely used method in commercial applications is the use of GCPs or ground control points. These are markers that are set up in the mappable area and which precise locations are measured. GCPs need to be large enough that they can be distinguished from the images post-flight and they have a distinctive marking, like an "X" in the middle. GCPs should cover the whole mappable area evenly to ensure a good result afterwards. The number of GCPs used depends on the size of the mappable area. Instead of artificial markers, GCPs can be existing structures which are clearly visible and distinctive in the images. For example, these are corners of buildings or various poles and masts.

The placement and measurement of GCPs is time consuming and depending on the landscape may be difficult. Especially problematic is dense vegetation, where access is limited. To counteract these problems, GPS correction technologies such as RTK or PPK technology can be used. RTK or real-time kinematic GNSS (Global Navigation Satellite System) is popular among land surveyors, since it provides adequate accuracy up to a few centimeters. Using RTK on a drone with a (virtual) base station on the ground eliminates the need to use GCPs, thus reducing the overall duration of mapping an area. Downside of an RTK is that it relies on a data link and corrections are made in real time. If there are interruptions in the connection, the accuracy of the location drops. Problems with connection aren't that rare, because when drones are on an autonomous mapping mission there may be obstacles between the base station and the drone, which interfere with the connection. PPK or post-processed kinematic is a more reliable technology because it makes the corrections post flight after the data has been uploaded so interruptions in the connection do not pose a problem during the flight. RTK and PPK solutions for drones are not yet widely available but are gaining popularity because of the possibility to achieve survey grade accuracy without the time-consuming process of laying GCPs. (Chen 2017.)

4 CONCLUSIONS

In conclusion, the imaging and flying parameters are in very important role when performing photogrammetric study with remotely piloted areal system. The image quality also determines the quality of the generated photogrammetric model. The image correction possibilities in post processing are limited and therefore poor image quality may also lead into completely unsuccessful model generation.

This article has introduced the basic things that should be considered when planning RPAS mission for a photogrammetric study. However, there is not one correct answer on the question of what the flying and camera parameters should be. The parameters are site and weather specific. Finding suitable parameters require experience and practice.

REFERENCES

- Chen, L. 2017. Do RTK/PPK drones give you better results than using GCPs. [Web article]. Pix4D. [Ref. 9th April 2018]. Available at: <https://pix4d.com/rtk-ppk-drones-gcp-comparison/>
- Colomina, I. & Molina, P. 2014. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing* 92, 79-97.
- McGlone, J. C. (ed.) 2013. *Manual of photogrammetry*. 6. ed. Bethesda, Maryland: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing.
- O'Connor, J., Smith, M. J. & James, M. R. 2017. Cameras and settings for aerial surveys in the geosciences: Optimising image data. *Progress in physical geography* 41 (3), 325-344.
- Sieberth, T., Wackrow, R. & Chandler, J. 2014. Influence of blur on feature matching and a geometric approach for photogrammetric deblurring. In: K. Schindler & N. Paparoditis (eds.) *The International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences XL-3*, 321-326.
- Sieberth, T., Wackrow, R. & Chandler, J. H. 2015. UAV image blur – its influence and ways to correct it. In: *The International archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences XL-1 (W4)*, 33 - 39.
- Vautherin, J., Rutishauser, S., Schneider-Zapp, K., Choi, H. F., Chovancova, V., Glass, A. & Strecha, C. 2016. Photogrammetric accuracy and modeling of rolling shutter cameras. In: *ISPRS Annals of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, III-3, 139-46.

PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELING FOR VIRTUAL REALITY

*Tapio Hellman, engineer
SeAMK School of Technology*

*Mikko Lahti, engineer
SeAMK School of Technology*

1 INTRODUCTION

For the past few decades, several methods and techniques have been used to create three-dimensional (3D) models of real world objects and scenes. Creating 3D geometry manually using a modeling software has been the usual method. This method is labor intensive, and renderings created using it appear computer generated, lacking natural realism.

During recent years, major advances have been made in Photogrammetric 3D Modeling. It is a relatively new way to create realistic 3D structures using ordinary two-dimensional (2D) photographs by an automated software process.

2 APPLICATIONS OF PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELING

Architectural visualization and urban modeling. When architects design new buildings, they try to present those 3D models as they would appear in the actual building location. Usually this is carried out by creating simplistic 3D block mockups of the surrounding area, or by producing a 3D still image of the building and combining that with a photograph from the location using digital photo manipulation. Photogrammetric 3D modeling now allows architects to create photorealistic 3D models of the nearby buildings, roads and nature, into which they can easily add their architectural designs.

Industrial Environment Redesign. In many cases industrial environments, such as robotic cells and automation lines, process and power plants, machining lines, metal shops and factories etc., need to be partly revised or upgraded in order to modernize product pipelines, renew machinery, change product portfolios or

increase throughput. This requires a 3D model of the current site to be created. This model then acts as design platform for the partial redesign. Usually the accuracy reached by photogrammetric 3D modeling may be quite adequate, and only some checking measurements are required at the site. A major amount of the project may be carried out at the designer's office, thus saving costs.

Urban Modeling. Cities and other urban areas have been aerially photographed for city planning and other modeling purposes for decades, but now this photography data has a new usage in photogrammetric 3D modeling. Creating 3D models of cities is carried out all around the world, and it is easy to see in Google Earth, where new photogrammetric 3D cities are being built every day. These photogrammetric 3D models are much more useful than regular 2D photographs, namely because of the ease of combining them with Geographic Information System (GIS) data, which then allows for visualizing of important infrastructure information in three dimensions.

Recording of Cultural Heritage. ISIS has demolished many ancient temples in its bloody war against humanity in Syria and Iraq. Most famous of those temples was Palmyra, but many other cultural heritages have been destroyed during recent years. Photogrammetric 3D Modeling provides archaeologists a way to preserve existing 3D structures as virtual models for future generations. Reconstructions have been created even out of tourist photos, namely crowd-sourced data (Snaveley 2008). Museums all over the world share the same problem of constantly rising amount of exhibits, while storage capacity is not keeping pace. Only a small share of museum exhibits may be visible for the public at a time. Exhibits may be photographed, converted into 3D virtual objects and shown to the public online by 3D photogrammetry.

Police Investigation. Police have used laser-scanning techniques for the past decade for virtual crime scene reconstruction and recording of traffic accident data into 3D models for further investigation (Buck et al. 2013). Photogrammetric 3D modeling may be used instead of expensive laser scanners to create a virtual 3D crime scene or accident scene in order to go through different scenarios and measure distances between evidence without touching the objects.

Visualization of New Frontiers. The surface of the planet Mars has been photographed by several NASA Rover missions, and those photographs have now made it possible to capture the Martian surface in three dimensions. This allows us to experience the feeling of standing on the soil of another planet for the first time in human history. (Ostwald & Hurtado 2017).

Video Games. High development budget video games have been striving for photorealistic graphics for decades, but now due to advances in photogrammetric 3D modeling techniques and software it has finally become a reality. DICE (Electronic Arts Digital Illusions), has been at the forefront of using Photogrammetric 3D modeling to their advantage, mainly to create cinematic, photorealistic landscapes for the players and characters to inhabit in their games. For their latest game *Battlefront 2*, DICE have transformed real-life locations of multiple climates into fictional environments indistinguishable from the real thing, they capture real-life objects and land features to produce whole new worlds (Hamilton et al. 2015).

3 EVOLUTION OF PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELING

Modern technologies that produce 3D models using photogrammetry owe their success to stereoplotters invented in the 1930s. These devices allowed the user to view two photographs at the same time, which produced a three dimensional image, from which the user could then extract depth information and then record that on paper. They were used for drawing of map topology. With the introduction of computer technology, digital analytical stereoplotters were invented in the 1960s, which can be seen as the true birth of modern Photogrammetric 3D Modeling.

During past several months, the progress in the quality, speed and features of photogrammetry 3D modeling software has been astonishing. Good example of this is Autodesk ReMake software. It was provided free for users during its development process, which started in 2011 under name 123D Catch, then changed into Memento in 2016 and finally ReMake in 2017. New versions with new features appeared frequently, until December 2017, when it was discontinued and its features were added into ReCap Pro as a feature called ReCap Photo. This development process was fast, it lasted only a few months and end users were used as testers for usability, and during the process, it evolved into a quite different product. A remarkable detail is that the software is greatly based on public source code.

4 PHOTGRAMMETRY WORKFLOW

4.1 Basic Rules for Photo Alignment

There are some basic rules in shooting digital photographs for 3D modeling purposes. Automatic camera settings or flash should not be used, since pixel hue and brightness values in all photos should be equivalent to each other. Adjacent photos should have a high overlap, roughly 80%, because there should be continuity in the images. Any amount of camera shake or motion blur in the photos is unacceptable. While taking photos, there should be no moving objects in the shot. Sets of photos need shared context, i.e. there has to be a connecting feature in different sets of photos. The shooting distance and focus depth for all photos and photo sets should not vary considerably. Transparent or reflective surfaces should be avoided if possible since they appear as moving objects for the software. Color matching should be carried out with a professional color checker card. Photo shooting moment should be chosen carefully, since changing weather conditions may ruin the result. Very light or dark surfaces may cause problems and over- or underexposed photos should be omitted, since details are essential in the 3D model creation process (Yao-An Lee 2017).

4.2 Photogrammetric 3D Modeling Tools

There are several software programs for the creation of 3D models using photographs. The workflow is generally the same for all, but there are features that make them distinct from each other.

The first phase is always loading the photo set. Depending on the amount of photos and their resolution, this phase usually takes from a few seconds to some minutes. Photos may include Global Positioning System (GPS) information, but it is not required. If they include longitude, latitude and height information from the GPS satellite system, it will provide the software with important information for calculation of camera locations.

The second phase is aligning the images. The purpose is to calculate the position and orientation of the camera at the moment when the photo was shot. This is done by comparing the digital RGB (Red, Green and Blue) color values of selected pixels between adjacent photos. Since the pixel count is very high, only a certain amount of pixels is chosen for the comparison. Usually the amount of corresponding pixels is parametrized and the 3D points are usually called tie points, since they tie different images together by their pixel values.

The third phase is the calculation of a sparse point cloud by a trigonometric algorithm using the tie points and camera locations and the lens data. A point cloud is a set of points in a three dimensional space, where every point has X, Y and Z coordinates and a color value. Usually, after the creation of a sparse point cloud, the user is able to define the volume to be modeled more precisely, leaving out unnecessary slices of the final volume.

The fourth phase is the calculation of the dense point cloud, and in this phase a significantly larger amount of image pixels are used. This usually takes the longest time in the process. Depending of the algorithm, if the software uses all the pixel values in the reconstruction process, it has to process millions of pixels hundreds of times. The finesse of this algorithm makes a significant difference between programs.

The fifth phase of the process is to create a three dimensional polygonal geometry, a mesh, matching the point cloud. Different feature detection algorithms allow finding planes and straight corners in the 3D geometry.

The sixth phase is creating one or more 2D images, called texture maps, which are used to cover the 3D model with a texture adopted from the photographs. This process is also time consuming since if we are about to create a 3D environment which is to be explored in a game engine, at least one or preferably several 8K texture maps are required. 8K map is a square image of 8192 pixels in length and height. It occupies 64 megapixels. In computer graphics, texture map images are usually powers of two on the sides, since the computer loads and renders them most efficiently.

The seventh and final phase is saving of the texture mapped 3D geometry as a file in one of the formats supported by the software. Usually, FBX is the best choice. This is the generic workflow, but there are significant differences between the algorithms, post processing abilities and features of the different programs, such as reporting, video production of the resulting 3D model, etc.

5 HARDWARE

The number of CUDA cores (in NVIDIA GPUs) in the graphics card correlates inverted to the processing time. The more CPU cores are available, the faster the model will be completed. The amount of memory is a major factor especially for PhotoScan and ContextCapture, especially if processing options are demanding. There should be at least 16 gigabytes of memory in the computer, preferably 32

gigabytes or more, many Central Processing Unit (CPU) cores and preferably a high level Graphics Processing Unit (GPU).

6 SOFTWARE

6.1 Testing of photogrammetric software

During our university projects, several free and commercial programs were tested and compared. The tests are described in the fourth coming chapters.

Visual SFM, CMVS and MeshLab. Currently there are only a few free software for photogrammetric 3D modeling. Most common is VisualSFM (Structure from Motion), written by Changchang Wu. It is not very stable, at least when the dense point cloud is calculated by the separate CMVS (Clustering Views for Multi-view Stereo) program, developed by Pierre Moulon. They work well together, but the end result is not as good as with commercial software and these programs may crash due to programming errors. In addition, they provide only a 3D point cloud and to generate a 3D polygonal model, a program like MeshLab is needed, which provides a triangulation algorithm called Screened Poisson Surface Reconstruction.

Bentley ContextCapture. ContextCapture is a part of a software product family for civil engineering and urban infrastructure design. It is divided in two programs, Master that is the user interface, and Engine that runs the computation algorithms. Acute Viewer is also provided as a 3D viewer for the results. In addition to the photo set, several video formats and laser scanned point cloud formats can be loaded and used as a source material. After loading data, the first phase is called Aerotriangulation, which creates tie points. If the resulting tie points are not adequate for generating a cohesive point cloud, a comprehensive user tie point system may be used. ContextCapture slices the job in chunks called tiles to use memory efficiently. It does very good work in filling holes, which may appear in surfaces because of inadequate photo material. It also provides geometric simplification tools for finding and straightening point cloud features when generating a mesh. It also supports geographically located photos. User interface would require streamlining, because it is somewhat dated and cumbersome. A screenshot of ContextCapture is shown in figure 1.

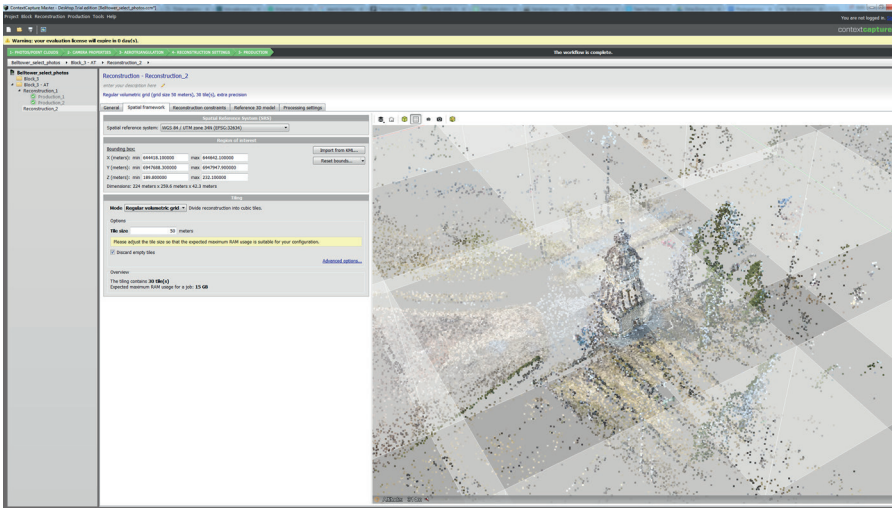


Figure 1. Bentley ContextCapture.

Capturing Reality RealityCapture. RealityCapture is a high quality software for photogrammetric 3D modeling, which calculates the 3D point cloud very quickly. The user interface is the best of all the tested software tools, divided in 1D, 2D and 3D views, and it is highly customizable. A high definition video that combines a full-screen 3D model and a changing photo in small window is easy to create. It is also possible to accompany a point cloud and non texture mapped rendering of the scene too, each in their own small windows. RealityCapture is extremely demanding in requiring a context between photo sets. When a large scene is photographed, it easily generates separate components that the process is not able to combine into a single 3D point cloud. It is possible to create control points, which should tell the program to tie together pixels in separate photos. Unfortunately, this feature failed in our large test model despite exhaustive troubleshooting. In this respect, ContextCapture and PhotoScan win with flying colors. RealityCapture is a top-level program, but the failure to combine separate components due to inconsistency in photos demands near-perfection in the photographing phase. A screenshot of RealityCapture is shown in figure 2.

Agisoft Photoscan. PhotoScan is a compact product that provides two versions, Professional and Standard. If a permanent license is needed, Photoscan Standard is the most cost-efficient solution. There are no significant differences between them in ordinary use, but for professional use in large-scale terrain surveys, the Professional Edition provides a comprehensive suite of features. After loading the photo set, you can select areas in photos that you want to leave out of processing. It is a nice feature, but the selection workflow is cumbersome due to complex keyboard shortcuts. The lack of a manual control point feature and the limited amount of customizable parameters in the overall process is unexpected. The

user interface is quite simple and straightforward. PhotoScan requires a lot of memory, especially if you create a 3D model at the "Ultra" level of resolution. With our test material of 2500 photos, it used almost all of 64 gigabytes of computer's total physical memory, all the power of 16 processor cores and consumed a week of calculation time. A screenshot of PhotoScan is shown in figure 3.

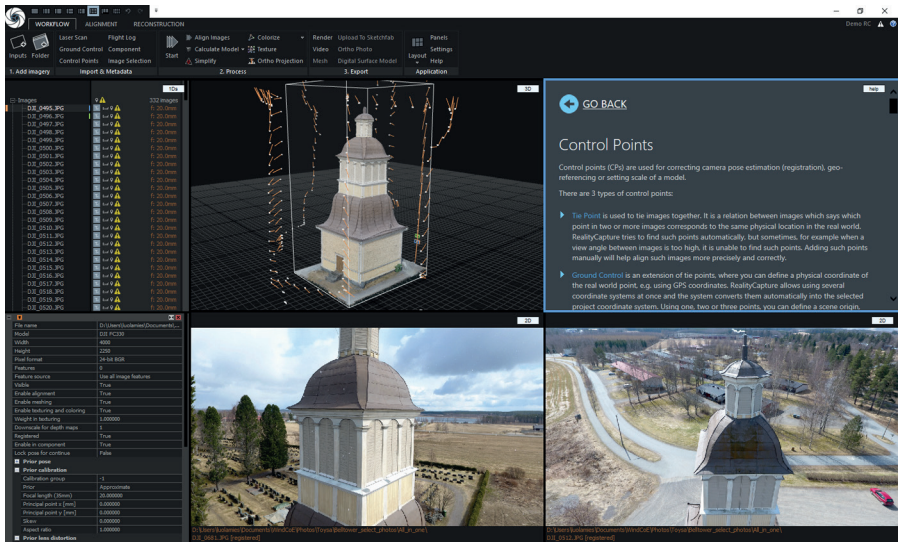


Figure 2. Capturing Reality ContextCapture.

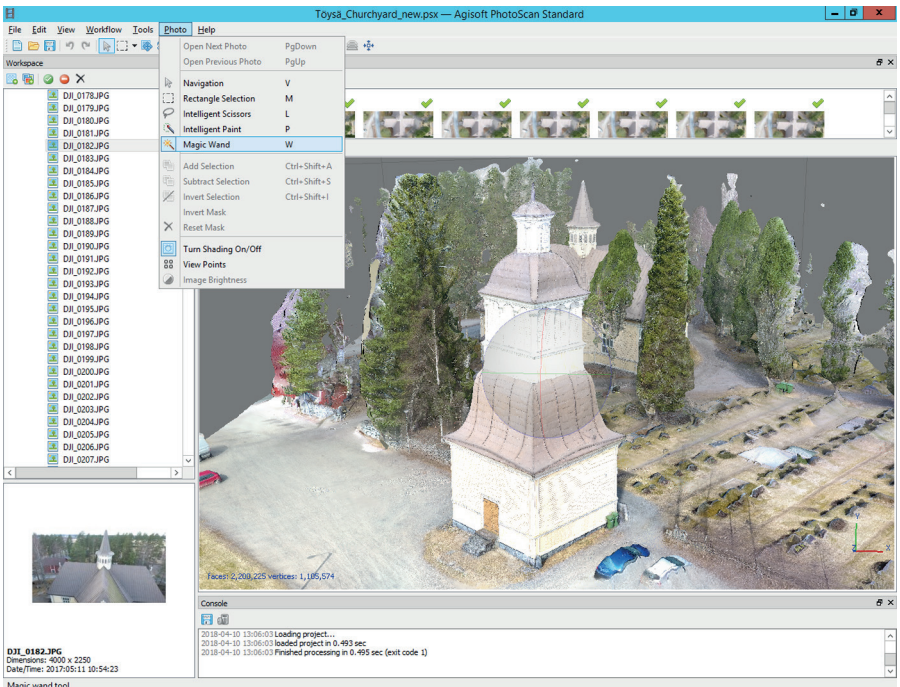


Figure 3. Agisoft PhotoScan.

Pix4D. Pix4D provides a detailed report of the process and the ability to retrieve an accurate aerial image of the photo shooting area based on the GPS coordinates of the photos. The user interface is very informative, e.g. when computing keypoints, Pix4D shows the camera locations in its 2D aerial imagery map with colored markers, which visualize the process phases. When the project is geo-referenced, all points in the point cloud are each point is automatically classified in one of the following groups: Ground, Road Surface, High Vegetation, Building or Human Made Object. Pix4D provides a moderate 3D model as a result.

3D Flow Zephyr Aerial. Zephyr is a program with a distinct graphical user interface. It features a clear resource utilization graph that displays the use of physical memory and processor load, graphics card utilization, GPU temperature, and graphics memory consumption. The quality of the end result is not at the same level as the three competitors on the podium.

6.2 Comparison conclusions

ContextCapture was found to be the most effective at producing a high quality model with the least amount manual work. The well-automated tools and powerful computer sight algorithms do require more calculation time on average, but the overall workflow is more elegant and ends up saving time. While the user interface of ContextCapture is somewhat dated and less intuitive for modern workflows, it still has all the required functionality (user tie points, tiling, reconstruction area) properly implemented and a planar feature recognition that the others do not have. The second best software in our comparison, RealityCapture offers the widest selection of tools, the best user interface and user experience. Having a great customizable window system enables simultaneous usage of tools and features. RealityCapture is also the quickest at producing workable results, and along with the large set of tools and parameters it is the most cost-effective product.

6.3 Post-Processing

The automated point cloud and mesh generation processes of photogrammetry software often can produce errors and anomalies, which will have to be corrected in post-processing. A versatile 3D modeling software that offers a wide variety of 3D modeling and texturing tools is needed, for example Autodesk 3ds Max, therefore the terms used in this part of the article reference it.

Mesh geometry that is only mildly misshapen can be mended using deformation tools that move polygons to smooth out erroneous heights or features (Kuzmin 2018). If the geometry is beyond mending, removal of such unwanted geometry

should be done using element modeling tools, so that the whole unworkable part is removed. Alternatively, if absolute realism for the model is not required, cloning tools can be used. Geometry and objects that satisfy quality criteria can be cloned to replace non-viable objects. In large environment models, this is often the case for objects like trees or cars.

Removal of erroneous geometry elements that are connected to adjacent elements will leave holes in the mesh. The filling of these holes should be done with border modeling tools that preserve the texture data for the filled area. If the hole filling tools produce unwanted results, texture coordinate editing tools should be used for texture data repair. The same texturing tools can also be used to fix many kinds of incorrectly placed, shaped or angled objects within textures. For example, a part of a background object visible on the surface of a tree, resulting from the tree moving in the wind (Dickinson 2017).

Filling holes that were originally left by the mesh generation process will not result in correct texture data for the repaired geometry. That is because the filled area consists of polygons that are completely new, and they do not contain texture data. To correct missing texture data, ContextCapture and RealityCapture both offer tools to import the model back into the photogrammetry software and recalculate the texture to fit the repaired geometry.

When combining meshes from different photogrammetry projects, the edges of the meshes should be made into straight edges using cutting tools. Vertex welding tools can then be used to create clean seams between the connected meshes. Textures for the meshes from different projects may also end up with varying color hues, a color correction tool like Adobe Photoshop match color should be used (Rajar 2017).

7 3D VISUALIZATION IN VIRTUAL REALITY

The last stage of the photogrammetric 3D modeling process is exporting the final 3D model into some 3D format, which is supported by the software used in the post processing. Usually, the best selection for the format is FBX, but OBJ format accompanied with MTL file format for material information, may also work.

After post-processing the model in 3D modeling software, it is time to export the 3D model again for importing it into a game engine. In this document, we briefly describe the general workflow in Unity, which is currently one of the most popular game engines in the world. It is a rival competitor for Unreal Engine, which

is a similar package for game creation, but provides somewhat less “harnessed” workflow. It is actually underestimating to call Unity a “game engine”, since it is actually a powerful application development environment. It just does not provide 3D content creation tools, since that content is usually created in specific 3D design, animation, visualization and computer aided design tools, such as 3ds Max, Maya, Blender or Cinema 4D. In this document, Unity is chosen as the development environment.

After starting a new Unity 3D project, Virtual Reality (VR) Functionality must be added to the project, and this task depends on whether the design is a VR application for HTC Vive or for Oculus Rift device. If HTC Vive is used, a Steam VR Plugin from Valve Corporation must be retrieved from Unity Asset Store. A folder “SteamVR” is created under Unity Assets folder. If Oculus Rift is used, Oculus Integration Scripts must be downloaded and imported from Unity Asset Store. A folder “OVR” is created in the Assets folder. Other VR assets, such as VRToolkit (Virtual Reality ToolKit) may be freely used, but they may not provide similar support and product continuity as Oculus and Valve (Lachambre et al. 2017).

Easiest way to import a 3D model into Unity is to open an operating system folder window and drag the exported model and texture mapping files into Unity Project Assets view. However, it is a good idea to create a separate folder for the 3D model assets first. Importing assets takes a while, since Unity does a lot of optimization for the 3D model while importing. After the import, it is time to drag the 3D model asset, e.g. an FBX file from Assets folder into the Scene. This procedure changes the asset from a prefabricated GameObject (Prefab) into a visible, texture mapped 3D model in the Scene. It is also good idea to reset the transform of the imported asset into [0, 0, 0] in Inspector window. If the player game object is about to walk on the ground which was imported from a photogrammetric process, it is important to generate colliders for the 3D scene. This is done by ticking appropriate setting within Inspector, when the 3D model is selected. Otherwise, a special hidden ground level plane object has to be created below the player character, and Mesh Collider has to be created for it (Lang 2016).

After downloading and installing the proper VR headset support, it is time to apply basic navigation and interaction routines into the Scene. In this document, Oculus Rift is chosen for the VR environment, and VR player navigation system is added to the Scene by controller selecting Project view, opening Assets -> OVR -> Prefabs folder and dragging Prefab OVRPlayerController into the Scene and resetting its transform into [0, 0, 0] in Inspector view. This prefab includes OVRCameraRig and all the necessary components to move the player in the 3D scene.

8 USE CASE: WINDCOE - NORDIC WIND ENERGY CENTER

The Nordic Wind Energy Center (NWECC) was aimed to establish a competence center of wind power in cold climate by bringing business and public sectors together. The center was funded by EU Interreg Botnia-Atlantica Programme, together with Regional Council of Ostrobothnia and Nordland. In December 2015, NWECC launched the WindCoE project, which ended in May 2018.

Project partners were Novia University of Applied Sciences, University of Vaasa, Umeå University, Tampere University of Technology (TUT), Seinäjoki University of Applied Sciences (SeAMK), The Arctic University of Norway and Luleå University of Technology.

In this project, the objective of SeAMK was to create a realistic 3D model of a location in the near vicinity of a wind park plan in the Finnish Ostrobothnia region. This area had to have an emotional place attachment for the local population.

The task of TUT was to study if Virtual Reality may have an effect on the social acceptance of wind energy. This study was to be carried out with the virtual reality model created by SeAMK using the photogrammetric 3D modeling method. The WindCoE project offered a good opportunity to explore this method.

Töysä Churchyard. Building supervision offices of every municipality in Ostrobothnia and Southern Ostrobothnia were contacted, and inquiries of possible wind park plans were made. A vast majority of project plans were over 10 km away from populated areas. In Riiho locality of Alavus municipality, there was an active project plan, and after reviewing the Töysä churchyard, which was approximately 3 km away from the planned wind park, was selected as the target of the 3D model creation. Since a strong emotional bond usually exists between local population and the local church, bell tower and graveyard, the church was a perfect choice.

Three photographing excursions were made to the site, in December 2016, May and November 2017. The latter two photo shootings were carried out with aerial photography, using a drone. During the excursions, 1 000, 2 500 and 2 300 photos were shot. During all three photographing sessions, the weather conditions were very demanding. The final model was created using photography material photographed in November 2017. Within the project, it was possible to make a thorough comparison between the most advanced photogrammetric 3D modeling packages, using mostly their trial or promotional versions. Comparison of photogrammetric model and photograph of Töysä church is shown on figure 4.



Figure 4. A) Photograph of Töysä Church, B) Photogrammetric 3D Model of Töysä Church.

9 CHALLENGES OF PHOTOGAMMETRIC 3D MODELING

Photogrammetric 3D models are very realistic and easier to create than modeling by hand when the amount of detail is high. Nevertheless, this comes with a price, the polygon count. While natural objects such as stones, gravel, trees and bushes, may look quite natural, they require great number of polygons, using a lot of graphics processing unit power. The more polygons must be rendered, the more performance is needed from GPU. There is a limit for the performance, and when the limit is met, the frame count per second (FPS) drops below the desired value. In real time graphics, i.e. VR, simulation and games, low FPS means low quality.

The requirement of natural realism may be fulfilled for natural objects up to a certain limit by texture mapping, bump mapping, normal mapping, displacement mapping and other image mapping based techniques. However, there is a limit where maps cannot replace polygons. On the other hand, built environment tend to be planar, rectangular, square, polygonal and straight. Any rectangular polygon may be simplified down to two triangles. One simple planar building wall may be reduced into one polygon comprised of two triangles. This is often the case with manual 3D modeling, but rarely the case with photogrammetric 3D modeling.

One of the biggest challenges of photogrammetric 3D modeling is the ability of the software to recognize straight and planar surfaces, such as lines, planes and rectangles. Those are basic 3D primitives that are most common in built environments like cities. In process factory environments, where pipes are common, the ability to recognize cylindrical objects is essential. Since the biggest optimization and polygon reduction potential is not in the organic, but in the built environment, recognition of these basic primitives is the biggest challenge in photogrammetric 3D modeling software. Being able to visualize a city model with a million polygons instead of a billion polygons makes a difference.

10 THE FUTURE OF PHOTOGRAMMETRIC 3D MODELING

In this last chapter, some future scenarios of photogrammetric 3D modeling are presented.

Photogrammetric 3D Modeling for Smartphones. As computing performance, memory capacity and graphics capabilities evolve, more and more applications that were previously dedicated to desktop computers, will enter the mobile phone category. Photogrammetry will be one of them, when image alignment, point cloud calculation, 3D model and texture map generation will be processed in smart phones. Mobile applications, which allow the generation of 3D models by hovering a phone around an object, will be here soon.

Social VR. At the time of writing, a majority of VR software is video games. Architectural, engineering and design applications are yet to arrive. Facebook, which acquired Oculus in 2014 for 2 billion US dollars, have predicted that the future of Virtual Reality is in Social VR. It means getting together in a simulated world using virtual reality hardware and a social VR application. Participants appear as avatars in environments that can be lifelike or fantasy worlds, such as Oculus Room, Facebook Spaces or VR Chat. Even though VR devices immerse their users in a simulated world, this does not mean that there may not be human interaction. The next step is trying to mimic a real person with the remote avatar, and photogrammetric 3D modeling may be the method.

Collaborative VR. Social VR applications do not have to be games or leisure activities. They may be architectural, engineering or design review applications for several remote avatars. They may be located remotely throughout the internet, navigating, observing, measuring and modeling their collaborative 3D design in virtual reality. Collaborative VR provides designers a possibility to meet around a 3D design and discuss, modify, and share it. This type of collaborative design may replace costly meetings, where several experts are bound to meet in the same physical space to discuss the same model. A VR meeting may be even more efficient than a physical one and it saves in traveling and accommodation costs. Collaborative VR does not replace face-to-face communication, but it will be a powerful option. People who do not feel comfortable in online meetings, especially video conferencing, may find this new way of communication more productive. With photogrammetric 3D modeling, these virtual meeting places may be as realistic as possible to increase immersion.

Photogrammetric 3D Personal Avatars in VR Applications. In the very near future, scenes created with 3D photogrammetry will be so lifelike, that viewers

are not able to distinguish them from reality. This is already true for the scenes created by the best 3D photogrammetry professionals. Bringing these scenes into VR requires further development in display technology and graphics performance to be completely immersive.

At the time of writing, social VR avatars look like comics characters, but in the near future the profile photos of people in social media applications will morph into photogrammetric 3D models, and maybe in the future those 3D avatars will be capable of facial expressions.

A picture is worth a thousand words. A video is worth a thousand pictures. A photogrammetric 3D model is worth a thousand videos.

Photogrammetric 3D Models in the Fourth Dimension (Time). A photogrammetric 3D model serves as an authentic document of a 3D environment in a certain moment of time. When animation is added to the time axis of the 3D model, even more information into the 3D model may be included. Imagine the amount of information, that would be packed into a 3D city model animated in a time scale of decades, that has its photogrammetric 3D model updated once a year. It would be like looking at the annual growth rings of civilization.

This article has been written as part of the WindCoE project, and we would like to thank the Interreg Botnia Atlantica Programme for financing this project and article.

REFERENCES

Buck, U., Naether, S., Räss, B., Jackowski, C. & Thali, M. 2013. Accident or homicide – Virtual crime scene reconstruction using 3D methods. *Forensic science international* 225 (1-3), 75-84.

Dickinson, P. 2017. Capturing British beauty with photogrammetry. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <https://80.lv/articles/capturing-british-beauty-with-photogrammetry/>

Hamilton, A., Troive, J. & Grandert, A. 2015. How we used photogrammetry to capture every last detail for Star Wars Battlefront. *Electronic Arts, DICE*. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <http://starwars.ea.com/starwars/battlefront/news/how-we-used-photogrammetry>

Kuzmin, V. 2018. Full photogrammetry guide for 3D artists. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <https://80.lv/articles/full-photogrammetry-guide-for-3d-artists/>

Lachambre, S., Lagarde, S. & Jover, C. 2017. Unity photogrammetry workflow. [Online publication]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: https://unity3d.com/files/solutions/photogrammetry/Unity-Photogrammetry-Workflow_2017-07_v2.pdf

Lang, B. 2016. Road to VR: Inside 'Realities' detailed photogrammetric VR environments. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <https://www.roadtovr.com/realities-photogrammetry-virtual-reality-htc-vive/>

Ostwald, A. & Hurtado, J. 2017. 3D models from Structure-from-Motion photogrammetry using Mars Science Laboratory images: Methods and implications. Lunar and planetary science XLVIII. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <https://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2017/pdf/1787.pdf>

Rajar, A. 2017. Modular photogrammetry in environment design. [Online article]. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <https://80.lv/articles/modular-photogrammetry-in-environment-design/>

Snavey, N., Seitz, S. & Szeliski, R. 2008. Modeling the world from internet photo collections. International journal of computer vision 80 (2), 189–210.

Yao-An Lee, A. 2017. A Guide to capturing / preparing photogrammetry for unity. [Online article]. The Emerging Media Lab and Department of Geography at the University of British Columbia, UBC Teaching, Learning Enhancement Fund and BCCampus Open Education. [Ref. 19th April 2018]. Available at: <http://metanautvr.com/blog/2017/10/24/a-guide-on-capturing-preparing-photogrammetry-for-unity-vr/>

DIGITALISAATION MAHDOLLISUUDET TESTAUKSESSA

*Jorma Tuomisto, laboratorioinsinööri
SeAMK Tekniikka*

*Jari Savolainen, TKT
Scanrobot Oy*

1 JOHDANTO

SeAMKin rakennustekniikan laboratoriossa toteutettiin vuonna 2015 alun perin vuodelta 1996 olevan, Matertest Oy:n toimittaman rakenteiden kuormituskehän modernisointi, jossa analoginen ohjauselektronikka muutettiin digitaalseksi. Tätä edelsi pienempi, periaatteessa vastaava digitalisointi, jossa materiaalitekniikan laboratoriossa oleva pieni, alun perin 1980-luvulta peräisin oleva Lloyd'in materiaalintestauskone digitalisoitiin. Vuonna 2015 valmistuneen rakennuslaboratorion rakentamisen yhteydessä rakennuksen perustuksiin istutettiin anturit, joista kerätään pohjaveden korkeuden havainnot pilvipalveluun. Rakennuksen katolla sijaitsee rivi aurinkosähköpaneeleita, joista sähköntuoton tehonumerot ohjataan reaaliaikaisesti talon sisäverkkoon. Akkreditoidun betoninkoetuksen betonikoe-kappaleiden säilytysaltaiden lämpötilat kerätään vastaavasti talon sisäverkkoon. Nämä kehitysprojektit kannustivat pohtimaan laajemmaltikin digitaalisuuden kehitysmahdollisuuksia testauksessa ja olosuhteiden tarkkailussa.

Digitaalinen tekniikka mahdollistaa yleensä fyysisesti paljon pienemmän laitekokoisuuden tuottamaan saman teknisen toiminnan, mikä on aiemmin saavutettu analogisella tekniikalla. Tämä heijastuu laitteiston koon pienenemisen lisäksi pienempään tehon kulutukseen, pienempiin energian lähteisiin, pienempään jäähdytyksen tarpeeseen ja parempaan luotettavuuteen. Nykyaikaisilla reaaliaikaisilla Ethernet sovelluksilla tieto voidaan ajallisesti synkronoida siten, että esimerkiksi useita toimilaitteita voidaan ohjata hyvinkin tarkasti toisiinsa sidottuna. Tietoa voidaan myös siirtää pitkiäkin matkoja ilman, että tieto vääristyy.

2 MITÄ DIGITALISAATIO TARKOITTA TESTAUKSESSA JA OLOSUHDEVALVONNASSA?

Automaation eri mahdollisuuksia on testauksessa käytetty jo vuosikymmeniä. Siksi digitalisaation merkitys on ikään kuin hiipinyt tälle alueelle. Digitalisaatio tai digitalisoituminen tarkoittaa digitaalisen tietotekniikan yleistymistä arkielämän toiminnoissa. Ehkä suurin merkitys on uusien teknisten ratkaisujen tuleminen mahdolliseksi miltei kaikilla tekniikan alueilla. Esimerkiksi monien reaaliaikaisten Ethernet-tekniikoiden tuleminen teollisuusautomaatioon ja sitä kautta myös testaukseen on mahdollistanut lähes mikrosekunnin tarkkuudella synkronoidut mittaukset. Useiden eri mittaustulosten keskinäinen yhdistäminen mahdollistavat monipuolisemman mittaustuloksen. Voimakkaasti kasvavana alueena on myös kokenäön soveltaminen mittaukseen, jolloin voidaan mitata mitä erilaisimpia asioita.

Teollisuusautomaation sekä avoimen koodin komponenttien saatavuuden paraneminen mahdollistavat yhä monimutkaisempien mittaussovellusten tekemisen pienemmillä investoinneilla. Standardien teollisuuskomponenttien käyttö mahdollistaa erikoislaitteissakin suurempien sarjojen käytön ja sitä kautta helpon korvattavuuden sekä laitteiden järjestelmällisemmän laadunvalvonnan. Teollisuusautomaation merkittävien valmistajien joukosta voidaan mainita muun muassa Siemens ja Beckhoff. Vastaavasti esimerkiksi Rasperry Pi ja Arduino ovat pieniä sulautettuja tietokoneita, joilla voidaan toteuttaa monenlaisia anturiverkkoja tiedonkeruuseen helppoine yhteyksineen erilaisiin antureihin ja tietoverkkoihin. Näillä avoimilla järjestelmillä on runsaasti uusia käyttömahdollisuuksia.

3 PILVILASKENTA JA DATAN JATKOJALOSTUS

Pilvilaskenta mahdollistaa eri lähteistä kerätyn tiedon vertailun ja analysoinnin sekä monimutkaisten algoritmien hyödyntämisen. Pilvilaskenta kuvaa uutta tietoteknisten palveluiden tuottamisen, käyttämisen ja toimittamisen mallia, joka tapahtuu internetin yli. Tietotekniset palvelut, resurssit, kapasiteetti tai ohjelmistot hajautetaan ja ulkoistetaan dynaamisesti skaalautuviksi ja virtuaalisiksi prosesseiksi. Pilvilaskennassa palveluista maksetaan käytön mukaan ja palvelut ovat heti saatavilla. Pilvitekniologia, ja sen avulla toteutetut pilvipalvelut, sekä niiden rajapinnat mahdollistavat asetelman, jossa loppukäyttäjän ei tarvitse enää ottaa kantaa käyttöjärjestelmään, selaimeen taikka käyttämänsä päätelaitteen tyyppiin; pilvisovellukset toimivat samalla tavalla kaikilla alustoilla. Pilvilaskennan

ajatusmallissa tieto tallennetaan pysyvästi internetissä sijaitseville palvelimille ja tallennetaan vain tilapäisesti päätelaitteisiin. (Airinen 2011.)

Pilviteknologia tuo mukanaan kustannustehokkuuden, joustavuuden ja nopeuden palveluiden toteutuksessa. Sen avulla yritykset voivat testata ja ottaa käyttöön uusia palveluita ilman, että niiden tarvitsee toteuttaa koko järjestelmää alusta asti tai sitoutua järjestelmään pysyvästi. Päämotivaattoreina pilvilaskennan kasvussa ovat sen hinnoittelu ja ketteryys. Pilvilaskennalla voidaan varautua ruuhka-aikoihin, jolloin kapasiteetin tarve on huomattavasti suurempi kuin normaalisti. Pilvilaskennalla pyritään antamaan kapasiteettia vain sen verran, kuin sitä tarvitaan.

Mittaustulosten digitalisointi mahdollistaa uudenlaisia tulosanalyysimahdollisuuksia. Digitaaliset suodatusmenetelmät mittauksissa, esimerkiksi Kalmanestimointi, konvoluutio, fourier-analyysi ja sumea logiikka osana analyysia ja AI-tekniikoita mahdollistavat tiedon muodostuksen myös huonompilaatuisesta datasta.

4 DIGITALISAATION HAASTEITA

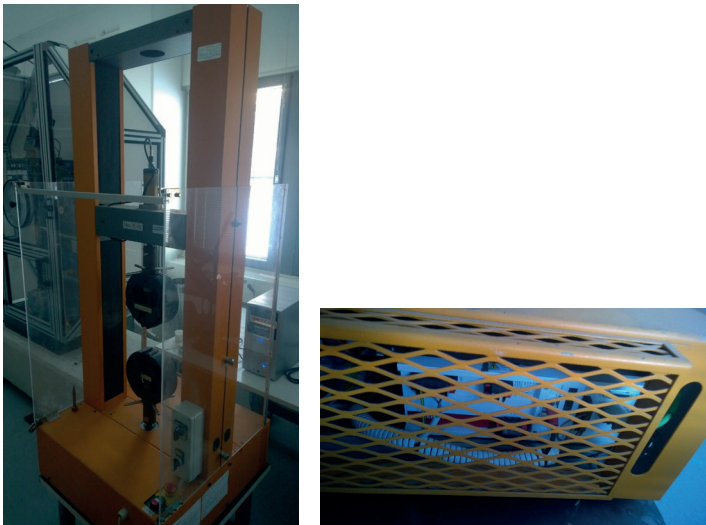
Digitalisaatio on tuonut mukanaan myös ongelmia, joista ehkä suurimpia on jatkuva päivitysten tarve. Osasyynä tähän on järjestelmien haavoittuvuus, hyvänä esimerkkinä tästä on Intelin Meltdown ja Spectre -haavoittuvuudet. Työkaluja on aikanaan luotu tietoverkkojen ylläpitäjien tarpeisiin ja nyt näistä välineistä on muodostunut tietoturvaongelma. Tärkeille mittauksille ja testeille on monta halukasta käyttäjää ja tämä lisää myös kyberhaavoittuvuuksien mahdollisuutta.

Järjestelmien ja varsinkin ohjelmistojen rajallinen käyttöikä on myös yksi digitalisaation ongelmista. Tietotekniikan yleisemmät ongelmat heijastuvat myös testausjärjestelmiin. Jokainen tietotekniikan parissa pitempään työskennellyt henkilö tuntee tekniikan vanhenemisesta syntyvät ongelmat. Tiedon tallentamisesta syntyvät ongelmat ovat tuttuja: tiedon tallentamiseen liittyvät laitteet ja muistikortit, -levyt ja nauhat, joille tallennus tehdään, vanhenevat teknisesti tai niiden lukukelpoisuus heikkenee. Piirikortit vanhenevat ja rikkoontuvat ja vanhaan liitosväylään ei enää löydy uusia osia. Käyttöjärjestelmät vaihtuvat ja ohjelmien uudet versiot eivät toimi vanhassa järjestelmässä. Virtuaalikoneilla voidaan simuloida vanhoja käyttöjärjestelmiä, mutta niilläkin on rajoituksensa. Tietotekniset tukihenkilöt vaihtuvat ja uudemmat eivät hallitse vanhempia järjestelmiä. Järjestelmän ylläpito edellyttää kytkentää internetiin ja tämä puolestaan edellyttää kunnossa olevaa virus- ja murtosuojausta. Varmuuskopioiden hoitaminen sisäverkon kautta ja ohjelmistojen päivitykset ulko-verkon kautta pilvipalvelusta hoituvat kätevästi, mutta joskus palomuurien ohittaminen jälkimmäisessä tapauksessa voi aiheuttaa ylimääräistä vaivaa.

5 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ SEAMKIN TOTEUTUKSISTA LÄHINNÄ RAKENNUS- JA TESTAUSALAAN LIITTYEN

5.1 Aineenkoetuslaitteen ja rakenteiden kuormituskehän digitalisointi

Yhteistyö SeAMKin ja Scanrobot Oy:n kesken alkoi jo vuoden 2010 paikkeilla. SeAMKin rakenteiden kuormituskehän toimittaja eli Matertest Oy oli juuri mennyt konkurssiin ja sen aikaisen ohjelmiston tuki hävisi samaan aikaan, kun analoginen laitteisto alkoi tulla teknisen käyttökänsä päähän. Suurten toimijoiden korvaavat järjestelmät olivat käytännössä budjettiraamien ulkopuolella, joten päädyttiin vähittäisen kehittämisen tielle yhteistyössä Scanrobotin kanssa. Aluksi päätettiin tehdä pieni pilottiprojekti, jotta nähtäisiin alkaako yhteistyö sujumaan. SeAMKilla oli vanha 1980-luvulta peräisin oleva 50 kN Lloyd'in vetokoelaitte (Kuva 1), joka oli teknisesti vanhentuneena jäänyt pois käytöstä. Samaan aikaan SeAMK ja Tampereen teknillinen yliopisto (TTY) tekivät yhteistyötä ja TTY:lle oli ilmaantunut pienen vetokoelaitteen käyttötarvetta Seinäjoen toimipisteen yhteydessä. Niinpä TTY:n taloudellisella avustuksella saatiin vanha vetokoelaitte digitalisoiduksi ja vanha testilaitteen runko sai taas uuden elämän. Tuohon aikaan Scanrobot Oy kehitti ensimmäiset versiot tulevasta ForceProof -ohjelmistostaan.



Kuva 1. 1980-luvulta peräisin oleva Lloyd'in aineenkoetus kone modernisoitiin digitalisoimalla sen käyttö ja kehittämällä siihen uusi ohjausohjelmisto edellisen MS-DOS-aikakaudelta olevan ohjelmiston tilalle. Laitteiston rungon sisään sijoitettiin uusi USB-liitäntäyksikkö.

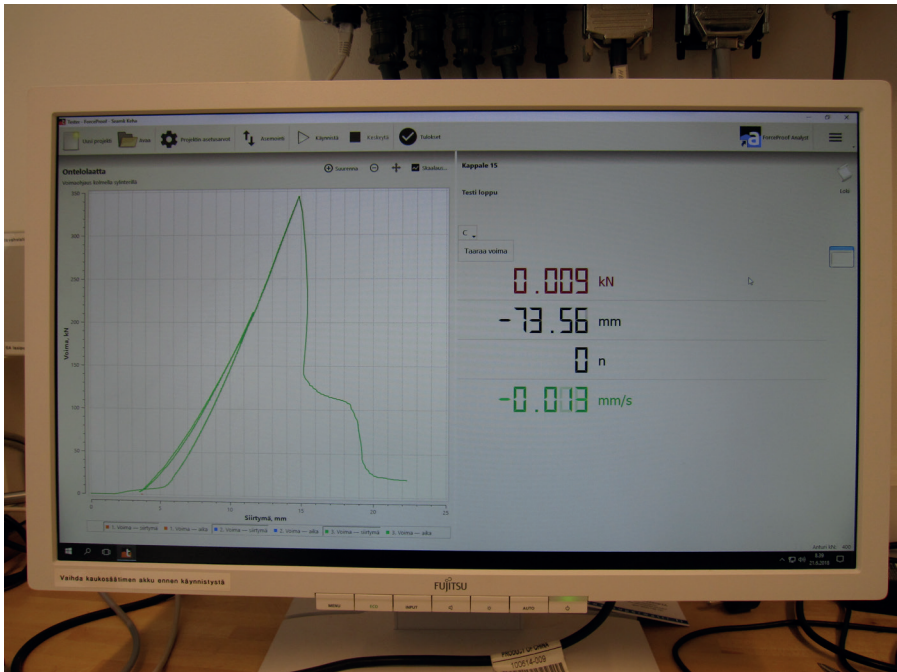
Onnistuneen pilottiprojektin alettiin suunnitella kolmisylinterisen kuormituskehän modernisointia. Tiukkojen taloudellisten vuosien aikana projekti siirtyi joidenkin vuosien yli ja sittenkin se jouduttiin toteuttamaan kahden eri vuoden rahoituksella, ensin ohjelmisto, sitten digitaalinen tekniikka seuraavana. Sitten vuoteen 2015 sijoittui rakennuslaboratorion siirtyminen uusiin tiloihin Framin alueelle. Kehän siirron jälkeen ajoittui uuden digitaalisen ohjausjärjestelmän käyttöönotto.

Kuormituskehän (Kuva 2) digitaalitekniikka, kuten aiemmin myös Lloyd'in koneen modernisointi, perustettiin Beckhoffin teollisuusautomaatiokomponenttien varaan. Tämä turvaa teknisten komponenttien saatavuuden jatkossakin pitkäksi aikaa eteenpäin. Edellisessä analogisessa ohjauselektronikassa oli paljon yksittäisiä tai pienen sarjan omaavia piirikortteja, joiden saatavuus oli loppunut ja liitosväyläratkaisut olivat vanhentuneet. Aiempi analogista elektronikkaa sisältänyt, sivumitaltaan noin 600 mm ollut kuutiomainen ohjauselektronikkalaite korvattiin sutjakan kevyellä seinälle ripustetulla digitaalitekniikalla.



Kuva 2. Vasemmalla Rakennuslaboratorion kuormituskehä, jossa on 2 kpl 400 kN ja 1 kpl 125 kN tunkkeja. Oikealla Beckhoffin teollisuusautomaatiokomponenteista koottu digitaalinen ohjauskeskus.

Tätä digitaalista teollisuusautomaatiotekniikkaa ohjaamaan kytkettiin Scanrobot'in kehittämä ForceProof -ohjelmisto (Kuva 3). ForceProof Tester'illä materiaalien testaus on selkeää, ja sovellus opastaa käyttäjän testausprosessin läpi. Raportit syntyvät helposti ja mittausarvot voi laskea uudelleen Analyst-työkalulla. Datan hallinta sekä varmuuskopiointi ovat yksinkertaisia ja turvallisia toimenpiteitä. ForceProof:illa on mahdollista toteuttaa erityyppisiä materiaalitestejä monipuolisesti; esim. staattiset, dynaamiset ja sekvenssitestit.



Kuva 3. ForceProof -ohjelmistosta otettu ruutukaappaus tehdyn kuormitustestin jälkeen.

Windows 10:n mukana tuleva Miracast-järjestelmä mahdollistaa tietokoneen näytön välittämisen WLAN-verkon kautta isolle kuvaruudulle. Näin kokonainen luokallinen opiskelijoita voi seurata samalla kerralla hallin puolella kuormituskokeen edistymistä sekä itse testikappaleesta, että testausohjelmiston kuormituskäyrältä.

5.2 Lämpötilan keskitetty seuranta koekappalealtaista ja pohjaveden korkeuden seuranta

Syksyllä 2017 toteutettiin betoninokoituksen koekappaleiden säilytysaltaiden yksinkertaisen lämmönseuranta keskitetysti Raspberry Pi -pohjaisella järjestelmällä (Kuva 4). Järjestelmään kuuluvat lämpötila-anturit neljältä altaalta sekä sisäilmasta ja ulkoilmasta. Raspberry valvoo veden lämpötilan toleransseja ja tulokset toimitetaan verkon välityksellä eteenpäin. Standardin mukaan veden lämpötilan kuuluu olla 20 ± 2 °C. Mikäli lämpötila jossakin altaassa ylittää toleranssin, hälytys lähtee laboratorioinsinöörien sähköpostiin kerran tunnissa. Raspberry:ltä lämpötilatiedot voidaan hakea sisäverkon koneille ja ne myös varmuuskopioidaan sinne.



Kuva 4. Vasemmalla altaiden lämpötilat kerätään langallisilla antureilla seinälle puukuoren sisään sijoitetulle Rasperry Pi'lle, josta ne ohjataan edelleen paikallisverkkoon. Järjestelmä valvoo lämpötilan toleransseja ja hälyttää syntyvistä ylityksistä. Oikealla olosuhdemittauksen kalustoa laboratoriossa. Järjestelmä mittaa lämpötilaa, ilman suhteellista kosteutta, pohjaveden korkeutta ja salaojan virtausta.

SeAMKin rakennustekniikan laboratoriossa on olemassa myös järjestelmä rakennuslaboratorion tontin pohjaveden korkeuden tarkkailemiseksi. Järjestelmään kuuluvat lisäksi myös rakennuksen lattiarakenteen lämpötilan ja kosteuden mittaus sekä salaojan virtausmittaus. Lämpötila- ja PTC-anturit mittaavat rakennekerrosten lämpötilajakaumaa ja kosteusmuutoksia lattian alla. Nämä mittaustulokset siirtyvät automaattisesti pilveen. Järjestelmän on toteuttanut EHP Environment Oy Oulusta.

5.3 Aurinkopaneelien sähköntuoton seuranta

Rakennuslaboratorion katolla sijaitsee kahdeksantoista aurinkosähköpaneelia ja viisi aurinkolämpökennoa. Niiden tuotto käytetään rakennuksessa itsessään valaistuksen, tietotekniikan ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Sähköpaneelien tuottoteho tallentuu ohjauspaneeliin ja ohjataan sieltä edelleen koulun intranettiin tarkemmin seurattavaksi esimerkiksi opetuskäytössä.

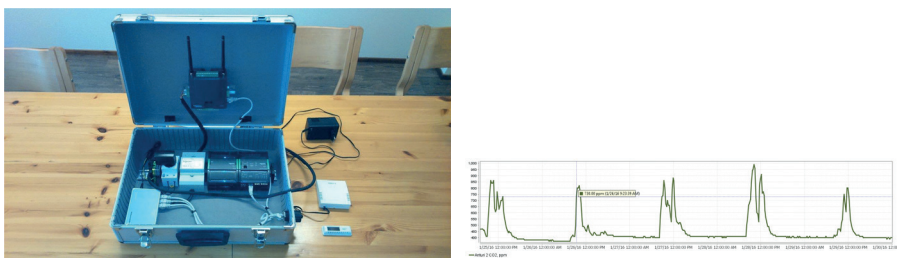


Kuva 5. Aurinkopaneelien sähköntuoton teholutut siirtyvät katolta langallisesti ohjausyksikköön LVI-konehuoneeseen ja siitä edelleen WLAN-verkossa koulun intranettiin.

5.4 Sisäilmaston laadun seuranta

Lapualla terveystarkastajana toimiva Harri Varis suoritti 2015 - 2016 rakennusterveysasiantuntijan tutkinnon Rakennusteollisuuden koulutuskeskus Ratekon opistossa Helsingissä. Tutkintoon liittyi päättötyö, jonka opiskelijat tekivät pääsääntöisesti lähellä asuinpaikkakuntaansa. Ratekon kannalta ei ollut mielekästä tehdä päättötyön ohjausta Helsingistä asti vaan ohjaus ulkoistettiin SeAMKille.

Variksen opinnäytetyön aiheena oli ilmaston toiminnan mittaaminen Pohjan ala-asteella Seinäjoella. Mittauslaitteena käytettiin Schneider Electric'in Seinäjoella rakentamaa mittaussalkkua (Kuva 6). Tätä salkkua on käytetty laajemminkin Seinäjoen kaupungin teknisessä toimessa kiinteistöjen sisäilmaolosuhteiden seurantaan. Laitteistolla mitattiin sisäilman hiilidioksidipitoisuutta, suhteellista kosteutta, lämpötilaa, ilmamääriä ja paine-eroja. Tällaisten mittaustietojen perusteella säädetään myös nykyaikaisten kiinteistöjen ilmanvaihtoa digitaalisesti ja älykkäästi tarpeen mukaan teollisuusautomaatiotekniikan laitteistojen avulla hieman samaan tapaan kuin edellä kuormituskehän toimintaakin. Tämä mahdollistaa helposti järjestelmän kauko-ohjauksen kiinteistön ulkopuolelta.



Kuva 6. Schneider Electric'in kehittämä mittaussalkku ja sen tuottamaa mittausdatakayrää.

6 LOPUKSI

Digitalisaatio on tuonut mittaustoimintaan ja testaukseen useita uudentyypisiä mahdollisuuksia. Vaikka varsinaisesti digitalisaation ei voi ajatella parantavan mittaustuloksen tarkkuutta, usein mittausten ja testaustoiminnan laatu paranee digitalisaation myötä. Tämä on seurausta siitä, että mittajaajan aiheuttaman poikkeaman rooli mittauksissa pienenee. Mittaukset ovat siten aikaisempaa vakioidumpia ja toistensa kanssa aiempaa paremmin vertailukelpoisia. Myös useiden eri mittasuureiden kytkeminen samaan aikaan mahdollistaa aiempaa monipuolisemman mittaus- ja testaustoiminnan niin laboratorioissa kuin todellisessa ympäristössä.

Mittaus- ja testausdatan digitalisoiminen tuo myös aikaisempaa paremmat mahdollisuudet datan analysointiin. Digitaaliselle mittausdatalle voidaan vaivattomasti tehdä monipuolista numeerista analyysiä. Digitaalisesta muutoksesta on kuitenkin myös haittoja, joihin on mittaustoiminta pohdittaessa syytä varautua. Nopeasti muuttuvat liitännät tai väyläliikenneprotokollat saattavat aiheuttaa kustannuksia mittalaitteiden ylläpidolle. Tähän on syytä varautua testaustoiminnassa. Kuitenkin voidaan todeta, että digitalisaatio on parantanut testaustoiminnan kokonaislaatua merkittäväällä tavalla.

LÄHTEET:

Airinen, P. 2011. Pilvilaskenta ja pilvipalvelut. [Verkkajulkaisu]. Turun ammattikorkeakoulu. Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 14.5.2018]. Saatavana: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201103213428>

Varis, H. 2016. Ilmanvaihdon riittävyys koulussa. Rateko. Rakennusterveysasiantuntijakoulutuksen opinnäytetyö. 2016. Julkaisematon. Seminaariesitys saatavana: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/rateko/rta-seminaarit/rta-1-seminaari/varis-harri.pdf>

PIENRAKENTAJAN DIGIPORTAALI

*Aleksi Frimodig, asiantuntija, TKI
SeAMK Tekniikka*

1 SOVELLUS PIENRAKENTAMISEN HELPOTTAMISEKSI

1.1 Yleistä

Talonrakentamisen energiamääräykset kiristyvät kohti 0-energiakulutusta vuonna 2020. Tähän päästään vain digitaalisesti ohjatun taloautomaatiikan avulla. Pienrakentaja ei siten enää yksin hallitse rakentamista ja asumista, vaan se vaatii verkostoitumista eri toimijoiden kesken. Pienrakentajan digiportaali -hankkeen tarve perustuu pienrakentamisen toimintaympäristön tuleviin haasteisiin ja teollisen internetin tarjoamiin mahdollisuuksiin.

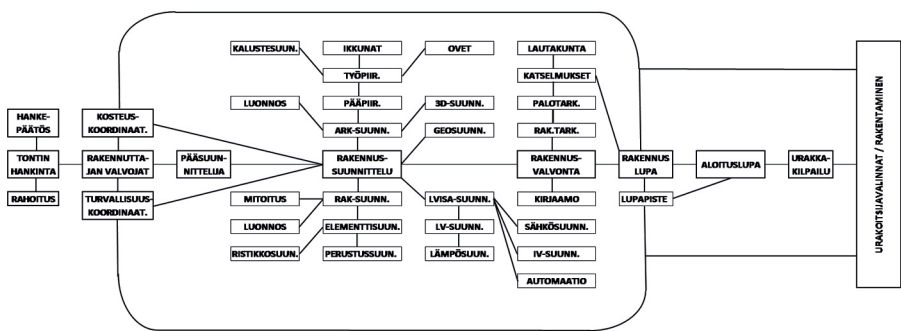
Hankkeen kohderyhmän muodostavat Etelä-Pohjanmaalla toimivat rakennusalan pk-yritykset (suunnittelijat, rakennusliikkeet, tuoteteollisuus), kuntien rakennusvalvonta, kiinteistöjen huoltoyhtiöt, isännöintiyritykset sekä alueen omakotiyhdistykset.

Hankkeessa laaditaan konsepti ja tuotetaan pilotti pienrakentajan digitaaliselle portaalille siten, että se vastaa eri osapuolten tarpeita. Digiportaali arkistoi suunnitelmat, viranomaisten ohjeet ja määräykset rakennusluvassa, rakennuskohteen valvontatiedot ja dokumentoinnin varsinaisesta rakentamisesta, tuotteista ja tuoteosista, elinkaaren aikana tapahtuvan huolto- ja korjaustyön sekä energiakulutukseen liittyvät tiedot. Tämä parantaa rakennushankkeen laatua ja ehkäisee korjausvelan syntymistä. Tuotettava pilotti yhdistää rakennuttamisen, suunnittelun, viranomaiset, tuoteosavalmistajat sekä rakentamisen ja kiinteistön elinkaaren hallinnan. Digiportaali tulee toimimaan myös oppimisen ympäristössä SeAMK Tekniikassa.

1.2 Miksi digiportaalia tarvitaan?

Pienrakentajan digiportaali -hankkeen tarve perustuu pienrakentamisen toimintaympäristön tuleviin haasteisiin ja teollisen internetin tarjoamiin mahdollisuuksiin. Rakentaminen tapahtuu edelleen samalla tavalla kuin 100 vuotta sitten eli laaditaan suunnitelmat, joiden mukaan rakennetaan. Suunnittelun ja fyysisen

rakentamisen välissä on iso joukko erilaisia toimijoita, jotka olettavat asioiden menevän hyvän rakennustavan mukaisesti. Kun rakentaminen ei menekään niin kuin on suunniteltu, aiheuttaa se rakenteissa turvallisuusriskejä, kosteus- ja homeongelmia sekä korjausvelkaa erityisesti piilossa olevissa rakenteissa. Rakentamisen lainsäädäntö, käytettävät uudet laitteet ja materiaalit ovat muuttaneet rakentamista ja sen kokonaisuuden hahmottamista. Rakentamisen suunnitteluvaiheeseen kuuluukin useita osapuolia, jotta rakentamisen laatu saadaan toteutettua nykypäivän standardien mukaiseksi (Kuvio 1).

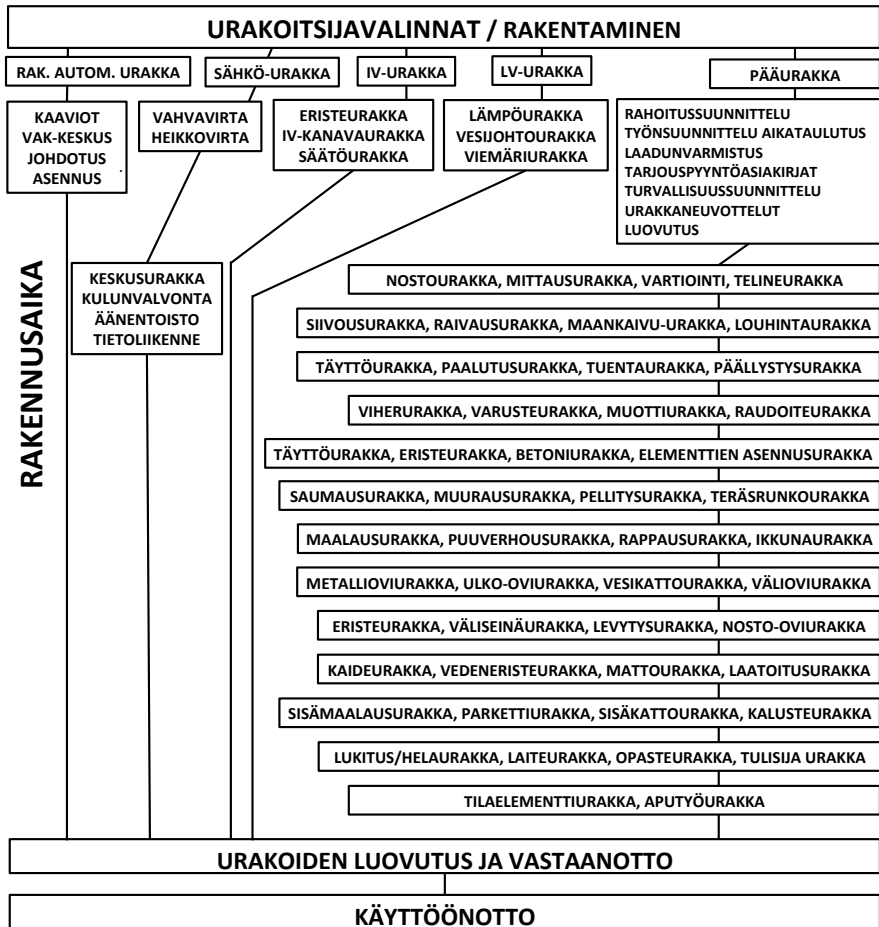


Kuvio 1. Esimerkki pientalon suunnitteluun kuuluvista osapuolista.

Rakentamisen valvonta on rakentajan ja viranomaisten vastuulla. Varsinkin kuntien rakennustarkastuksessa on rajalliset mahdollisuudet valvonnan suorittamiseen. Rakennusten energiamääräyksiä on kiristetty ja tullaan vielä kiristämään siten, että 0-energiatavoitteeseen päästään. Tämä on lisännyt rakenteiden eristepaksuutta niin nopeasti, ettei niiden rakennusfysikaalista vaikutusta ole ehditty tutkia syvällisesti. Tiiviimpiä rakennuksia joudutaan rakentamaan, jotta säästettäisiin ympäristöä ja saataisiin tuotettua mahdollisimman pieni hiilijalanjälki. Tämä aiheuttaa haasteita rakentamisen laadulle. 0-energiatavoite yhdessä asukkaiden asumistottumusten kanssa muodostavat haasteen, jonka hallitsemiseen tavalinen kuluttaja ei kykene ilman digitalisaatiota. Ratkaisut edellyttävät digitaalista taloautomaatiikkaa. Pienrakentaja ei siten enää yksin hallitse rakentamista ja asumista, vaan se vaatii verkostoitumista eri toimijoiden kesken.

Talotekniikan optimoivalla ohjauksella voidaan säästää energiankulutuksessa välittömästi 10 - 20 %. Kiinteistökohtaista tai alueellista energiatuotantoa lisäämällä voidaan käyttökuluissa säästää jopa 50 % lisää. Älykoti on siis paljon enemmän kuin televisio saunassa – se on olosuhteiden hallintaa ja suoraa energiansäästöä. (Roti 2015.)

Pienrakennuksen rakennusaikaan kuuluu yleensä kymmeniä eri osapuolia (Kuvio 2). Ilman tietoteknistä sovellusta rakennuttajalla on haastetta saada hallittua ja valvottua osapuolten tekemisiä ja aikataulujen pitämistä. Usein myös osapuolet ovat riippuvaisia toisistaan, sillä monet rakennusvaiheet edellyttävät, että aikaisempi rakennusvaihe on saatu valmiiksi ennen kuin uuden voi aloittaa.



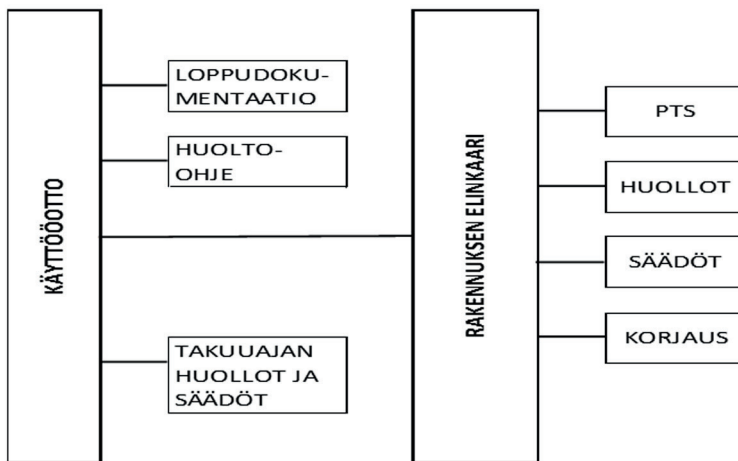
Kuvio 2. Esimerkki pientalon rakennusajan osapuolista.

Rakennuskustannuksissa kiinnitetään yleensä huomiota vain rakennusaikaisiin kustannuksiin ja unohdetaan rakennuksen elinkaaren aikana (50 vuotta) syntyvät kustannukset. Tämä aiheuttaa usein sen, että edullinen päätös rakennusaikana voi johtaa moninkertaisiin kustannuksiin rakennuksen elinkaaren aikana. Tällaisia kustannusta nostavia seikkoja ovat esimerkiksi tihentyneet huoltotoimenpiteet. Rakennusaikaisten materiaalitietojen tallentaminen on vähäistä, tämän lisäksi ei tiedetä, kuinka kriittiset kohdat on rakennettu. Rakentamisen epäluotettavuutta lisää myös se, että usein suunnitelmat muuttuvat eikä rakennusaikaisia muutoksia korjata kohteen valmistuttua (loppupiirustukset).

Kiinteistön rakennusaikaisten tietojen ja elinkaaren aikana tehtävien huoltotöiden tulee tallentua rakennuspaikan kiinteistötiedon mukaisesti. Nykyisin pienrakentajan myydessä oman kotinsa häviävät samalla tiedot mitä kiinteistölle on tehty vuosien aikana. Kiinteistö- ja asukastiedot löytyvät viranomaisten omista järjestelmistä, joita käytetään toisistaan irrallisina rakennuksen elinkaaren aikana. Näitä ohjelmia on käytössä mm. Maanmittauslaitoksella ja maistraatilla.

Kiinteistön hallintaan löytyy erilaisia internet-pohjaisia ohjelmia, joilla hallitaan esimerkiksi rakennusluvan hankkimista, kiinteistön talotekniikkaa tai kiinteistön rakentamista. Nekin koskevat yksittäisiä osa-alueita. Hankkeen tavoitteena on päästä hallitsemaan tätä kokonaisuutta eri toimijoiden kesken.

Kuviossa 3 on esimerkki pienrakennuksen asumisaikaan kuuluvista töistä.



Kuvio 3. Esimerkki pientalon asumisajan töistä

Isoilla rakennushankkeilla on käytössä erilaisia projektipankkeja, joilla hallitaan esimerkiksi piirustusten jakelua, projektin hallintaa tai tuoteosan teollista hallintaa projektikeskuksen kautta. Nämä kaikki projektinhallintaohjelmat toimivat erillisinä palveluina. Hankkeen tavoitteena on selvittää, miksi erilaiset järjestelmät eivät toimi keskenään.

Eri toimijoiden tiedon keruu, tietojen yhdistäminen ja tiedon jalostaminen teollisen internetin välityksellä lisääntyy voimakkaasti. Yhä useammat teollisuuslaitokset sekä tulevaisuudessa yksittäiset henkilöt keräävät tietoa pilvipalveluihin. Suunnittelupuolella käytetään ohjelmistoja, joissa kaikki asian kanssa tekemisissä olevat henkilöt näkevät kehitystyön reaaliajassa. Hankkeessa sovelletaan pienrakentamiseen teollisuudesta tuttuja teknologioita. Hankkeen yhtenä selvityksen kohteena on selvittää miten digitaalinen portaali voisi toimia ja millaisia tietoja mahdollisesti jo olemassa olevasta "Big Datasta" on portaaliin saatavilla.

Pienrakentajan digiportaalin testiversio toteutetaan Seinäjoen asuntomessu-alueella sijaitsevaan Kimara Katariina -hirsitaloon (Kuva 1). Hirsitalo ammentaa pohjalaista perinnettä ja sen suunnittelussa esteettömyys on otettu tarkoin huomioon. Talossa on taloautomaatiikkaan perustuva ilmastointi ja lämmöntalteenotto, automaattinen valonohjaus ja kulunvalvonta. Talosta pyritään keräämään kaikki saatavissa oleva suunnittelu- ja rakennusaikainen dokumentaatio projektipankkiin talteen. Asumisaikaa varten tehdään ratkaisuja laadun parantamiseksi, kuten reaaliaikainen ilmanlaadun ja rakenteen kosteuden mittaus sekä ohjeistuksia huoltotoimenpiteisiin ja asumiseen.



Kuva 1. Digiportaalin testitalo, Kimara Katariina (Suomen Asuntomessut 2016 (Kuva: Antero Tenhunen).

2 DIGIPORTAALIN TEKNIIKAT JA OSIOT

2.1 Digiportaali sisältää eri osioita

Pienrakentajan Digiportaalin ideana on toteuttaa sovellus, joka kerää dataa sen yhteistyökumppaneiden ohjelmien kautta ja kokoaa näistä yhteisen näkymän käyttäjälle. Tarkoitus ei ole "keksiä pyörää uudelleen", sillä rakennusalalle on jo kehitelty monia eri avustusohjelmia asioiden hallintaan. Digiportaali ei myöskään pyri suosimaan vain tiettyjä toimijoita, vaan tarkoituksena on toteuttaa ajan saatossa valintoja eri toimijoiden ohjelmien rajapintoihin, joista käyttäjä voisi päättää itselleen sopivimmat talon elinkaaren hallintaan. Digiportaalin voisi näin ajatella sisältävän eri osioita ja jakautuvan kolmeen aikavaiheeseen; suunnitteluun, ra-

kentämiseen ja asumisvaiheeseen. Sovelluksessa jokaiselle aikavaiheelle on omat näkymät käyttäjälle ja eri ohjelmien toiminnot. Digiportaali antaa myös ohjeita pientalon suunnittelussa huomioitavista vaihtoehdoista, talonrakentamisesta, asumisvaiheesta ja opastaa käyttäjää tekemään parhaat ratkaisut pientalon rakentamisen laadun varmistamiseksi. Digiportaalin ohjelmointiympäristössä käytetään moderneja ratkaisuja, kuten NodeJS Javascript-ohjelmointikielen suorittamiseen palvelinpuolella, Javascript-kirjasto React käyttöliittymän tekoon, tietokannan hallinnointitekniikka GraphQL ja React-Apollo -rajapinta sen käyttöön asiakaspuolella, sekä tietokantoja kuten InfluxDB ja MongoDB.

Digitaaliset ratkaisut ovat jo vakiinnuttaneet paikkansa talonrakennuksen suunnittelussa ja ne ovat kasvussa myös rakennustuotannossa. Rakennustyömailla on otettu käyttöön robotiikkaa ja automatisoitua koneohjausta. Erilaiset käyttäjille suunnatut sovellukset ovat kuitenkin kehittyneet voimakkaimmin viime vuosina. Näiden avulla kuluttaja voi tehdä laajasti eri toimintoja kotinsa tekniikan ohjauksesta asuntokauppaan. (Roti 2017.)

Alla kuvio Pienrakentajan digiportaalin toiminnoista (Kuvio 4).



Kuvio 4. Digiportaalin toiminnot.

2.2 Digiportaali on aina saatavissa pilvessä

Pienrakentajan digiportaalin yksi kantavista periaatteista on sovelluksen helpokäyttöisyys. Tämän takia sovellus on tehty toimimaan erilaisilla päätelaitteilla, kuten mobiililaitteella, tabletilla ja tietokoneella. Digiportaali toimii verkkoselaimen kautta, jonne käyttäjä kirjautuu sisään. Näin varmistetaan, että digiportaaliin on aina helppo päästä käsiksi päätelaitteesta huolimatta, kunhan verkkoyhteys on saatavilla. Sovellus toimii virtuaalisessa Linux Ubuntu -serverissä Amazon Web

Services (AWS) -pilvipalvelussa. AWS on yksi käytetyimmistä pilvipalveluista ja sen tietoturva on huippuluokkaa. AWS tarjoaa monia palveluita käyttäjälle, kuten virtuaaliset tietokoneet, tallennustilaa, verkkoyhteydet ja tietokannat. (Amazon Web Services 2018.)

2.3 Projektipankissa tiedostot tallessa

Projektipankki on hyvä lisä pienrakentamisen suunnittelu- ja rakennusvaiheeseen. Projektipankki toimii dokumenttien yhteisenä tallennuspaikkana talonrakennusprojektissa mukana oleville. Sinne voidaan tallentaa kaikki suunnittelussa ja rakennusvaiheessa syntyvät dokumentit. Yleensä projektipankkeihin voi myös luoda käyttäjätasoja, jotka määrittävät, mitä dokumentteja kukin käyttäjä saa katsoa tai onko mahdollisuutta lisätä uusia dokumentteja. Pilvipalvelussa toimivassa projektipankissa tiedostot eivät katoa, joten niitä pääsee tarkastelemaan helposti. Myöskään ei tarvitse murehtia oman tietokoneen hajoamisesta, sillä tiedostoihin pääsee käsiksi verkon kautta oikeilla kirjautumistunnuksilla.

Vertex Systems on maailmanlaajuisesti tunnettu ja arvostettu suunnittelun ja tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisujen toimittaja teollisuudelle. Vertex Systems tekee yhteistyötä Pienrakentajan digiportaalin kanssa.

Vertex DS on ohjelmistoratkaisu taloprojektin tehokkaaseen tiedonhallintaan. Kaikki suunnittelijoiden tekemä dokumentaatio saadaan tallennettua tähän alustaan riippumatta siitä, tekeekö suunnittelija työtä tehtaalla vai ulkopuolisen alihankkijan toimistolla. Vertex DS tarjoaa myös kattavat tiedostomuunnokset molempiin suuntiin esim. PDF, DWG, Office. Näin sidosryhmäläiset voivat tarkastella dokumentteja ilman Vertex-ohjelmistoa esimerkiksi PDF-muotoisena. Dokumenttiarkistoon voi tallentaa kaikki talotehtaan eri sovelluksilla (esim. Word, Excel) tuotetut dokumentit sekä niiden versiot. Dokumenttiarkistoon voi tallentaa muun muassa toimistodokumentit, muilla järjestelmillä (ArchiCAD, AutoCAD) tuotetut materiaalit, valokuvat, videot, huoltokirjadokumentit ja käyttöoppaat. (Vertex Systems 2018.)

2.4 Sähköinen rakennuslupa

Pienrakentajan digiportaali tekee yhteistyötä Seinäjoen kaupungin rakennusvalvonnan kanssa. Seinäjoen rakennusvalvonta on ottamassa käyttöön sähköistä rakennuslupahakua Trimble eServices -sovellusten avulla.

Trimble eServices, Rakennusvalvonta on paikkatietoa hyödyntävä web-sovellus rakennushankkeen aikaiseen asiointiin. Sovelluksen avulla rakentaja voi tutustua

rakennuspaikkojen tietoihin ja kaavamääräyksiin sekä kommunikoida viranomaisen kanssa kaikissa lupiin, rakennustarkastuksiin ja katselmuksiin liittyvissä asioissa. Myös suunnittelijat, työnjohtaja ja muut vastuuhenkilöt, naapurit ja lausuntojen antajat voivat hoitaa oman osuutensa rakennusprosessista sähköisesti ja vaivattomasti. (Trimble Inc., [viitattu 27.3.2018].)

Luvissa vaaditut liitedokumentit kulkevat sähköisen lupahakemuksen mukana ja niitä voi täydentää lupaprosessin myöhemmissä vaiheissa. Kunta tarjoaa palvelun kautta kaikki sen rekisterissä olevat tiedot ja täydentää osan tiedoista valmiiksi. Myös lupahakemuksen käsittely ja päätöstietojen välittäminen onnistuvat sovelluksen kautta. (Trimble Inc., [viitattu 27.3.2018].)

Trimble eServices, Tontti -sovelluksella tonttitarjonnasta vastaavat viranomaiset hallitsevat kunnan tonttitarjontaa verkossa. Tonteista voidaan esittää tärkeitä ominaisuus-, sijainti- ja kaavatiedot määräyksineen sekä erilaisia liitedokumentteja. Kuntalainen voi tarkastella tonttien tietoja verkossa ja täyttää varaushakemuksen. Saapuneet varaushakemukset käsitellään sovelluksessa paikkatietoja hyödyntäen. Sovellus myös ilmoittaa kansalaisille hakemusprosessiin liittyvistä viranomaisten päätöksistä. (Trimble Inc., [viitattu 27.3.2018].)

2.5 Dokumentointivälineet

Nykypäivänä myös sähköinen dokumentointi on yleistynyt tietotekniikan kehityttyä. Dokumentointi on tärkeää rakennusvaiheessa, jotta rakennuttaja on selvillä, missä vaiheessa projekti etenee ja mitä työmaalla on tehty minäkin päivänä. Hyvä dokumentointi helpottaa monessa asiassa ja projektista jää dokumentointihistoria. Mobiililaitteille on tehty erilaisia sovelluksia dokumentointiin. Digiportaali tekee yhteistyötä Kotopro Oy:n kanssa.

Kotopro on mobiililaitteilla toimiva dokumentointityökalu, joka toimii verkkoselaimessa. Talonrakennushankkeen työmaalla voidaan ottaa valokuva puhelimella, ja sovellus tallentaa sen yhteiseen projektipankkiin projektin osapuolten nähtäville. Kotoprossa toimii myös puheentunnistus eli se osaa kääntää puheen tekstiksi. Tämä helpottaa esimerkiksi työmaalla tehtyä dokumentointia. Urakoitsijat saavat tehtyä omasta asennustyöstään helposti hyvän dokumentaation. Kotopro tarjoaa myös paljon pöytäkirjapohjia ja malleja urakoitsijoille, rakennuttajalle ja kodinrakentajalle. (Kotopro, [viitattu 27.3.2018].)

2.6 Olosuhteiden hallinta

Olosuhteiden valvontaa on järkevä tehdä talon rakennus- ja asumisvaiheessa. Rakennusvaiheessa voidaan esimerkiksi seurata lattiavalun yhteydessä betonin-

kosteutta erillisillä sensoreilla, jolloin tiedetään heti, koska betoni on kuivanut. Asumisvaiheessa voidaan erilaisilla langattomilla sensoreilla mitata esimerkiksi ilmakeuhteutta ja lämpötilaa rakenteiden sisästä. Näin voidaan ennaltaehkäistä piilevät homeongelmat ja säästää mittavissa korjauskustannuksissa. Eri sensoreilla voidaan myös mitata sisäilmanlaatua, kuten CO₂, VOC, kaasuja ja hiukkasia ilmas- ta. Digiportaalissa käytetään Ruuvi-tag-sensoreita, jotka mittaavat muun muassa ilmakeuhteutta ja lämpötilaa. Sensorit lähettävät reaaliaikaista dataa Raspberry Pi 3 model B -tietokoneelle, joka kerää datan InfluxDB-tietokantaan, josta dataa esitetään graafisesti erillisessä käyttöliittymässä. Digiportaalille on tilattu myös CO₂, VOC, kaasuja ja hiukkasia mittaavia sensoreita.

Ruuvi-tag on avoimeen lähdekoodiin perustuva sensorin, joka mittaa lämpötilaa, suhteellista ilmakeuhteutta, ilmanpainetta ja kiihtyvyyttä (Kuva 2). Sensorin on sääsuojattu ja toimii -40°C - +85 °C lämpötilavälillä (suositeltu väli kuitenkin -20 °C - +65 °C). Sensorin lähettää dataa Bluetoothin välityksellä tietokoneelle, joten se toimii langattomasti. Kotelon koko on saatu myös pieneksi, joten sensorin mahtuu ahtaisiin paikkoihin (kuvat 2 ja 3). (Ruuvi Innovations Oy, [viitattu 28.3.2018].)



Kuva 2. Ruuvi-tag kotelo (Ruuvi Innovations Oy, [viitattu 28.3.2018]).



Kuva 3. Ruuvi-tag ilman koteloa (Ruuvi Innovations Oy, [viitattu 28.3.2018]).

2.7 Kiinteistönhallinta

Talonrakentamisessa energiamääräykset kiristyvät kohti 0-energiankulutusta vuoteen 2020 mennessä. Tähän päästään paremmalla energiankulutuksen seurannalla. Digiportaali tekee tältä osin yhteistyötä Granlund Oy:n kanssa, joka

tarjoaa talotekniikkaan soveltuvia ohjelmistoratkaisuja. Granlund Manager –ohjelmisto kattaa talolle huoltokirjan, sisältää energiankulutuksen seurannan ja pitkän tähtäimen suunnitelman (PTS) kunnossapitoon.

Huoltokirjapalvelun lisäarvo on saavutettavissa ainoastaan sen tehokkaan käytön kautta. Granlund Managerin huoltokirja sisältää opastuksen, raportoinnin, auditoinnin, päivitykset, palveluhankinnat ja pelastussuunnitelmat. (Granlund a, [viitattu 27.3.2018].)

Energiankulutuksen seurannassa Manageri pystyy raportoimaan automaattisesti ja tekemään tuntitasoiset mittauskeruut eri lähteistä. Myös energiabudjetointi ja –laskutus onnistuvat. (Granlund b, [viitattu 28.3.2018].)

Granlund Managerin PTS-osion avulla voidaan luoda pitkän aikavälin kunnossapitosuunnitelma kunnossapitotarpeen pohjalta. Lisäksi voidaan luoda seuraavan jakson korjausohjelma, johon kunnossapito-ohjelmat voidaan aikatauluttaa ja budjetoida. Managerissa on myös oma projektipankki, joka sisältää kunnossapitohistorian, kuntoarviot ja energiakatselmukset, tunnistetun kunnossapitotarpeen, kunnossapidon suunnittelun ja toteutuksen etenemisen ja toimenpiteiden säästövaikutukset. (Granlund c, [viitattu 29.3.2018].)

2.8 Ohjeet

Pienrakentamisen laadun varmistamiseksi on tärkeää antaa käyttäjälle tarpeeksi ohjeita pientalon elinkaaren alusta loppuun. Monet rakennuttajat eivät ole selvillä kaikista rakennusvaihtoehdoista, mitä pientalon suunnittelussa voidaan ottaa huomioon. Edelleen talojen omistajat eivät ole aina selvillä omakotitalonsa asunisaikaan kuuluvista huolto- ja kunnossapitotehtävistä. Tämän takia digiportaaliin kootaan kattava materiaali opastuksia, jotka auttavat käyttäjää pienrakentamisen ja asumisen haasteissa ja jotka tuovat tyytyväisen olon rakentamisen lopputulokseen.

YHTEENVETO

Pienrakentajan digiportaalia ohjelmoidaan päivittäin paremmaksi. Seuraavissa vaiheissa on tarkoitus pitää työpajoja hankkeen osapuolten kanssa, jotta saadaan uusia ideoita sovelluksen parantamiseksi ja palautetta sovelluksen testiversioista. Alkuperäinen suunnitelma on saada digiportaalin pilotti ulos syksyllä 2018.

KIITOKSET

Artikkeli on valmisteltu osana Pienrakentajan digiportaali -hanketta. Kiitokset hankkeen yhteistyökumppaneille ja hankkeen päärahoittajalle Etelä-Pohjanmaan liitolle (EAKR).

LÄHTEET

Amazon Web Services. 2018. What is AWS. [Verkkosivu]. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavana: <https://aws.amazon.com/what-is-aws/>

Granlund a. Ei päiväystä. Huoltokirja. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <http://www.granlund.fi/palvelut/yllapito/huoltokirja/>

Granlund b. Ei päiväystä. Aseta tavoitteet, mittaa, vertaa, reagoi. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 28.3.2018]. Saatavana: <https://www.granlundmanager.fi/ohjelmisto/energian-kayton-johtaminen/>

Granlund c. Ei päiväystä. Tunnista korjaustarpeet, optimoi toteutus. [Verkkosivu]. Granlund Oy. [Viitattu 29.3.2018]. Saatavana: <https://www.granlundmanager.fi/ohjelmisto/kunnossapito-pts/>

Kotopro. Ei päiväystä. Dokumentointiväline, tiedonvälitys ja tietopankki samassa palvelussa. [Verkkosivu]. Kotopro Oy. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <https://www.kotopro.com/toimialat/rakentaminen/>

Roti. 2015. Rakennetun omaisuuden tila 2015. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto. [Viitattu 12.4.2018]. Saatavana: http://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/taustat/roti_2015_net_sivut_final_250215.pdf

Roti. 2017. Rakennetun omaisuuden tila 2017. [Verkkajulkaisu]. Helsinki: suomen Rakennusinsinöörien Liitto. [Viitattu 12.4.2018]. Saatavana: http://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/taustat/roti-2017_painettu-raportti.pdf

Ruuvi Innovations Oy. Ei päiväystä. What Is Ruuvitag? [Verkkosivu]. [Viitattu. 28.3.2018]. Saatavana: <https://tag.ruuvi.com/>

Suomen Asuntomessut. 2016. Kohde 31 Kimara Katariina. [Kuva]. Osuuskunta Suomen Asuntomessut. (Kuva: Antero Tenhunen). [Viitattu 24.4.2018]. Saatavana: http://asuntomessut.fi/wp-content/uploads/2016/07/31-kimarakatariina_0.jpg

Trimble Inc. Ei päiväystä. Trimble eServices. [Verkkosivu]. [Viitattu 27.3.2018]. Saatavana: <https://kunnat.trimble.fi/trimble-eservices.html>

Vertex Systems. 2018. Ohjelmistoratkaisu taloprojektin tehokkaaseen tiedonhallintaan. [Verkkosivu]. Tampere: Vertex Systems Oy. [Viitattu 29.3.2018]. Saatavana: <https://www.vertex.fi/web/fi/rakentamisen-tiedonhallinta>

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULUN JULKAISUSARJA – PUBLICATIONS OF SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

A. TUTKIMUKSIA - RESEARCH REPORTS

B. RAPORTTEJA JA SELVITYKSIÄ - REPORTS

C. OPPIMATERIAALEJA - TEACHING MATERIALS

Seinäjoen ammattikorkeakoulun aiemmin ilmestyneet julkaisut löytyvät SeAMKin Julkaisut-verkkosivuilta <https://www.seamk.fi/yrityksille/julkaisut/> ja Theseus-verkkokirjastosta <http://theseus.fi>

SeAMK Julkaisut:
Seinäjoen ammattikorkeakoulun kirjasto
Kalevankatu 35, 60100 Seinäjoki
puh. 020 124 5040
seamk.kirjasto@seamk.fi

ISBN 978-952-7109-86-1
ISBN 978-952-7109-87-8 (verkkojulkaisu)

ISSN 1456-1743
ISSN 1797-5573 (verkkojulkaisu)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES