

Milla-Maria Koskela

**DIGITAALISTEN KAKSOSTEN MAHDOLLISUUDET
PK-YRITYKSILLE**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Joulukuu 2019**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Joulukuu 2019	Tekijä/tekijät Milla-Maria Koskela
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi DIGITAALISTEN KAKSOSTEN MAHDOLLISUUDET PK-YRITYKSILLE		
Työn ohjaaja Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Sivumäärä 40
Työelämäohjaaja Jorma Hintikka		
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli TRINITY-hanke jossa Centria TKI oli partnerina.</p> <p>Opinnäytetyössä aiheena oli tutkia digitaalisten kaksosten mahdollisuuksia pk-yrityksille. Opinnäytetyössä tutustuin digitaalisen kaksosen eri määritelmiin ja viiteen olemassa olevaan yrityksen tai hankkeen case-esimerkkiin, joista analysoin hyötyjä ja käytettyjä resursseja.</p> <p>Pk-yritysten valmiuksia digitaalisten kaksosten käyttöönottoon tarkasteltiin opinnäytetyössä yritysbarometrin ja aiheesta tehdyn aiemman opinnäytetyön pohjalta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena syntyi yhteenveto digitaalisen kaksosen nykytilasta ja tulevista mahdollisuuksista pk-yrityksille.</p>		

Asiasanat Digitaalinen kaksonen, digital twin, pk-yritykset

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date December 2019	Author Milla-Maria Koskela
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis THE POSSIBILITIES OF DIGITAL TWINS FOR SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES		
Instructor Jari Kaarela, Sakari Pieskä		Pages 40
Supervisor Jorma Hintikka		
<p>This thesis was commissioned by TRINITY project where Centria research and development are a partner in.</p> <p>The subject of this thesis was to explore the possibilities of digital twins for small and medium-sized enterprises. In this thesis I researched the different definitions of digital twins and five existing case examples of enterprises or projects, from which I analyzed the benefits and spent resources.</p> <p>The competences of small and medium-sized enterprises were examined in this thesis from surveys of entrepreneurs and a previously made thesis of the subject.</p> <p>As a result of this thesis was a summary of the current state of digital twin and of the future possibilities to small and medium-sized companies.</p>		
Key words Digital twin, SME		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Asioiden internet	Laitteiden kokonaisuus, jotka ovat yhdistettynä internettiin ja joilla voidaan kerätä, yhdistää ja välittää dataa.
Digitaalinen kaksonen	Digitaalinen mallinnus fyysisestä tuotteesta, joka koostuu mallista ja siihen viedystä ja kerätystä reaali maailman datasta.
Ohjelmoitava logiikka	Pieni tietokone, jolla ohjataan reaaliaikaisia automaatioprosesseja.
Teollinen palvelin	Automaatiolaitteen ohjelma, jolla välitetään ohjaus- ja mittaustietoa laitteen ja ulkopuolisen järjestelmän välillä.
MindSphere	Esineiden internetin alusta Siemensiltä jolla yhdistetään fyysiset laitteet digitaaliseen maailmaan.
Yhdyskäytävä	Tietoverkon solmu, joka mahdollistaa liikenteen toiseen verkkoon.
Teamcenter	Hallintajärjestelmä tuotteiden ja suunnittelun tiedoille.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 CENTRIA	3
2.1 TRINITY -hanke	4
3 DIGITAALINEN KAKSONEN	6
3.1 Digitaalinen kaksonen käsitteenä	6
3.1.1 Digitaalinen malli	7
3.1.2 Digitaalinen varjo.....	8
3.1.3 Digitaalinen kaksonen.....	8
3.2 Digitaalisen kaksosen historiaa	9
3.3 Digitaalisen kaksosen nykytila	9
3.3.1 Käyttöön otettujen digitaalisten kaksosten vaatimat resurssit	9
3.3.2 Digitaalisen kaksosen tuomat hyödyt	10
3.4 Digitaalisen kaksosen tulevaisuus	12
4 PK-YRITYSTEN VALMIUS DIGITAALISTEN KAKSOSTEN HYÖDYNTÄMISEEN	14
4.1 Pk-yritykset ja digitaalinen kaksonen	14
4.1.1 Henkilöstön osaaminen	14
4.1.2 Ohjelmistot.....	15
4.1.3 Konekanta ja tuotantosolut	15
4.1.4 Budjetointi uusiin hankkeisiin	16
5 YRITYS-CASET	18
5.1 Framery-puhelinkopin digitaalinen kaksonen tuoteoptimointiin ja tiedonkeräykseen	19
5.2 Kalasataman digitaaliset kaksoset sääolojen tarkasteluun ja päätöksenteon tueksi.....	21
5.3 Ilmatar K16052 digitaalinen kaksonen uusien nosturien suunnittelun tukena	22
5.4 Sleipner- kaivinkoneen digitaalinen kaksonen tuotekoulutuksiin.....	24
5.5 Suomen kansallismuseon digitaalinen kaksonen olosuhdetietojen visualisoijana	25
6 DIGITAALISTEN KAKSOSTEN MAHDOLLISUUDET PK-YRITYKSILLE	28
6.1 Mahdollisuudet	28
6.2 Miten lisätä valmiutta hyödyntää tulevia sovelluksia digitaalisista kaksosista.....	32
6.2.1 Henkilöstön osaaminen	32
6.2.2 Ohjelmistot.....	33
6.2.3 Konekanta ja tuotantosolut	34
6.2.4 Budjetointi uusiin hankkeisiin	35
7 POHDINTA	37
LÄHTEET	39
KUVIOT	
KUVIO 1. Älykkäiden koneiden suhde muihin kattokäsitteisiin	2

KUVIO 2. Digitaalisen kaksosen luokittelu dataintegraation perusteella	7
KUVIO 3. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten liiketoiminnassaan hyödyntämät tai käyttämät digitaaliset työkalut ja palvelut, %	15
KUVIO 4. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten digitaaliset työkalut ja palvelut, joita pk-yritykset aikovat ottaa käyttöön seuraavien 12 kk:n aikana, %	17
KUVIO 5. Ilmatar nosturin digitaalinen kaksonen.	23
KUVIO 6. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten arviointia liiketoiminnan digitalisoitumisesta syntyvien mahdollisuuksien merkityksistä yritykselleen, %	36
KUVIO 7. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten arviointia liiketoiminnan digitalisoitumisesta syntyvien mahdollisuuksien merkityksistä yritykselleen osa 2, %	36

KUVAT

KUVA 1. TRINITY-hankkeen partneriverkosto	4
---	---

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Yritys-caset digitaalisista kaksosista havainnollistettuna taulukkona.	18
TAULUKKO 2. Digitaalisten kaksosten case-esimerkkien koottuja hyötyjä	28
TAULUKKO 3. Digitaalisten kaksosten case-esimerkkien teknisiä toteutuksia	34

1 JOHDANTO

Digitaalinen kaksosen on uusi termi, jolle opinnäytetyössä käytetyissä lähteissä ei ollut vielä standardoitua määritelmää. Digitaalisesta kaksosesta puhuttaessa saatettiin tarkoittaa suppeimmillaan digitaalista mallia, joka sinänsä on ollut jo pitkään käytössä. Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella digitaalisten kaksosten sovelluksia ja löytää niistä tulevaisuuden mahdollisuuksia pk-yrityksille.

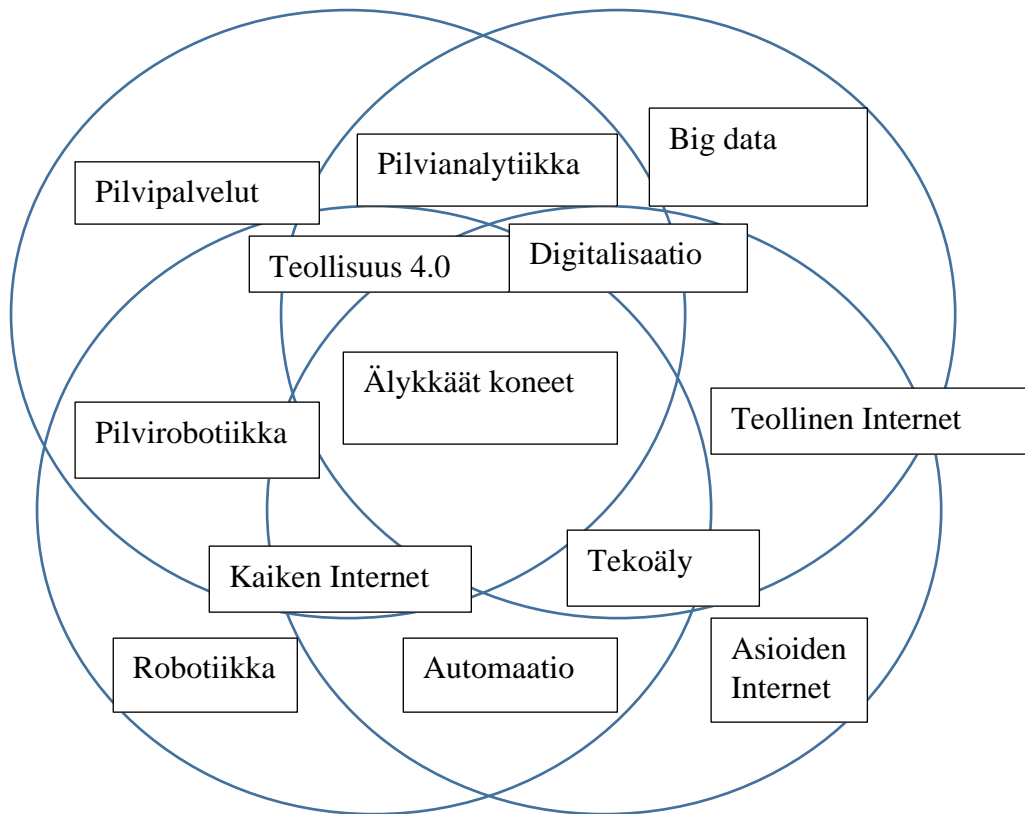
Opinnäytetyön lähteinä toimivat julkisesti saatavilla olevat materiaalit. Yritysten valmiutta on käsitelty pääsääntöisesti Asko Eerolan selvityksen pohjalta ja Yrittäjien Yritysbarometrilla. Digitaalisen kaksosen lähteinä on hyödynnetty alan lehtiä ja yritysten ja hankkeiden case-esimerkkejä. Teolliseen Internetiin olen käyttänyt opinnäytetyössä sitä käsitteleviä tietoteoksia. Opinnäytetyötä varten on myös vierailtu Alihankinta 2019 ja Teknologia 19 -messuilla kuulemassa aiheen luentoja. Tavoitteena oli päästä selville, mistä puhutaan, kun puhutaan digitaalisesta kaksosesta. Opinnäytetyötä varten vierailtiin myös Digiajan tuotantopuisto -hankkeen tuotannollisen toiminnan pk-yrityksille työpajassa ” Lean myynnissä ja tuotannossa” hankkimassa Lean-näkökulmaa työhön.

Opinnäytetyössä esitellään tilaaja TRINITY-hanke, jossa Centria on partnerina. Opinnäytetyössä etsitään määritelmiä digitaaliselle kaksoselle ja tutkitaan sen teoriaa. Opinnäytetyössä selvitetään pk-yritysten valmiuksia digitaalisen kaksosen käyttöönottoon ja perehdytään viiteen saatavilla olevaan case-esimerkkiin. Case-esimerkkejä ei ole toteutettu opinnäytetyötä varten, vaan ne ovat valittu valmistuneista hankkeista. Opinnäytetyön tuloksena tarkastellaan digitaalisten kaksosten tuomia mahdollisuuksia pk-yrityksille.

Tutkimusongelmat työssä olivat seuraavat:

Mitkä digitaalisten kaksosten olemassa olevat sovellukset voidaan hyödyntää pk-yrityksissä nykyisillä resursseilla tai kohtuullisilla panostuksilla?

Mitä pk-yritykset voivat tehdä nykyisissä prosesseissaan mahdollistaakseen digitaalisten kaksosten käyttöön oton tulevaisuudessa?



KUVIO 1. Älykkäiden koneiden suhde muihin kattokäsitteisiin. (Mukaiillen Salo 2014, 172).

Digitaaliseen kaksoseen liittyy robotiikan ja teollisen internetin käsitteitä. Ylläolevassa kuviossa kuvataan käsitteiden suhteita toisiinsa. Myös useissa lähteissä olennaisena asiana on eri teknologioiden verkottuminen. Salon mukaan verkkoon on kytkeytynyt esineistä yhä suurempi osa, ladaten sinne dataa, lähettäen ja vastaanottaen sitä toisilta esineiltä sekä niiden muodostamalta järjestelmältä sekä vastaanottaa dataa, siitä muodostettua informaatiota ja toimintaohjeita keskitetyiltä järjestelmiltä, pilvipalveluista tai paikallisesti ylläpidetyistä järjestelmistä (Salo 2014, 21).

Ståhe määrittelee teollisuus 4.0:an teollisuuden uutena aikakautena, jossa keskiössä ovat muun muassa ohjelmistot, virtuaalimaailman hyödyntäminen, integraatio eri laitteiden ja järjestelmien välillä ja dataan perustuvat uudet palvelut ja liiketoimintamallit (Ståhe 2019, 8). Ståhen määritelmä teollisuus 4.0:sta antaa suuntaa sille, miten monipuolisesta ilmiöstä teollisuus 4.0:ssa on kyse. Digitaalinen kaksonen käsitteenä sijoittuisi todennäköisesti lähelle ympyröiden keskivaihetta liittyen useaan termiin.

Opinnäytetyössä pienet ja keskisuuret yritykset määritellään alla olevan Tilastokeskuksen määritelmän mukaisesti, jossa yritysten palveluksessa on vähemmän kuin 250 työntekijää, joiden vuosiliikevaihto on enintään 50 miljoonaa euroa tai taseen loppusumma enintään 43 miljoonaa euroa ja jotka täyttävät määritellyn perusteen riippumattomuudesta (Tilastokeskus 2019).

2 CENTRIA

Centrialla on opinnäytetyössä kaksi roolia, ammattikorkeakouluna ja tutkimus ja kehitysyksikkönä. Centrian tutkimus ja kehitysyksikkö on TRINITY-hankkeen partnerina opinnäytetyön tilaaja, mutta lisäksi koulutustoimijana Centria Ammattikorkeakoulu on pk-yritysten yksi resurssi tulevaisuudessa koulutuksen järjestäjänä.

Centria-ammattikorkeakoulun omistaa Centria-ammattikorkeakoulu Oy, jossa osakkaita ovat Kokkolan kaupunki (suurin osakkeenomistaja 27 prosentin osuudella), Ylivieskan kaupunki, Pohjanmaan kauppa-kamari, Keski-Pohjanmaan Yrittäjät ry., Keski-Pohjanmaan koulutusyhtymä, Jokilaaksojen koulutus-kuntayhtymä, Pietarsaaren kaupunki, Raudaskylän kristillisen opiston kannatusyhdistys ry sekä Keski-Pohjanmaan Konservatorion kannatusyhdistys ry. (Centria 2019b.)

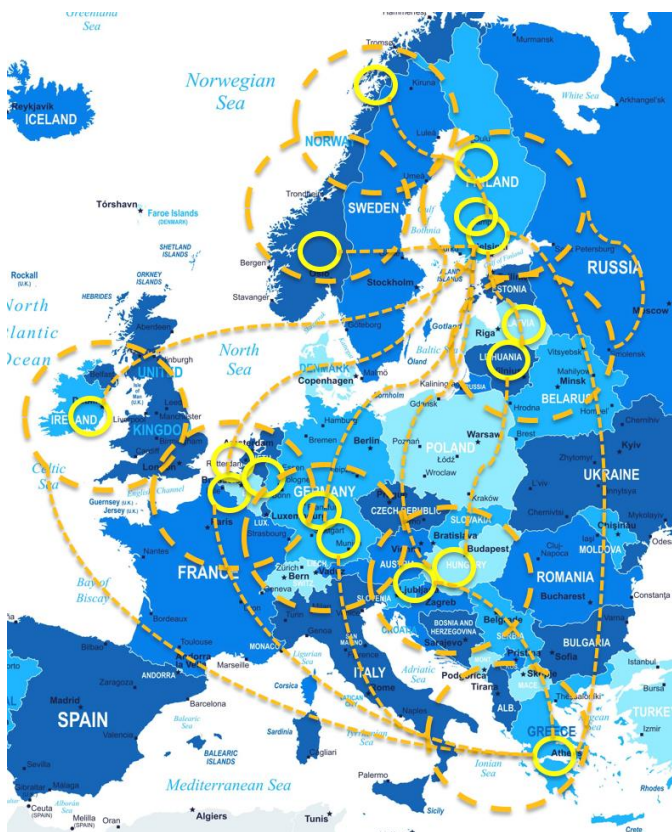
Centria-ammattikorkeakoulu Oy:n toimitusjohtajana toimii rehtori Kari Ristimäki. Ammattikorkeakou-lun toimintamallit perustuvat prosessiajatteluun. Pääprosesseja ovat oppimisprosessi sekä tutkimus-, ke-hitys- ja innovaatiotoiminnan prosessi. Centria on valtiosta riippumattoman rahoituksen korkeakoulu, kun 28 % rahoituksesta tulee muualta kuin OKM:n perusrahoituksesta. Tämän taustalla on tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta ja palvelutoimintaosaamista. Centriasta valmistui vuoden 2018 aikana 525 opiskelijaa, joista 39 sai ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon. Opetus tekee tiivistä yhteistyötä TKI-tulosvastuu alueen kanssa. Vuoden 2018 aikana TKI-hankkeissa ja palvelutoiminnassa oli mukana 64 opettajaa. (Centria 2019b.)

Centria-ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta (TKI) on monipuolista ja laa-juudeltaan Suomen ammattikorkeakoulujen kärkeä. Centrian osuus ammattikorkeakoulukentän ulko-puolisista TKI-tuloista on 2,7 kertainen laskennalliseen kokoon nähden. Merkittävä ulkopuolisen TKI-rahoituksen määrä kertoo Centrian TKI-toiminnan ja palvelujen kohdentuvan työ- ja elinkeinoelämän kannalta tärkeisiin kehittämiskohteisiin. Centria TKI edistää alueen ja sen yritysten uudistumista ja kan-sainvälistymistä sekä uuden liiketoiminnan syntymistä. TKI-toiminta perustuu osaamisen, teknologian ja uuden tiedon nopeaan soveltamiseen käytäntöön. Centrian TKI-toiminnan kolme peruspilaria ovat hanketoiminta, elinkeinoelämälle tarkoitetut tuotekehitys- ja tuotannonkehityspalvelut sekä koulutus-palvelut. (Centria 2019a.)

Centria-ammattikorkeakoulun tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan missiona on kehittää alueen yritysten ja organisaatioiden osaamista niiden toiminnan ja kilpailukykyyn vahvistamiseksi. Centria TKI haluaa tuoda ja luoda uutta tietoa, osaamista ja teknologioita alueen elinkeino- ja työelämän käyttöön sekä tarjota työelämälähtöisen oppimisympäristön opiskelijoille TKI-toiminnan ja opetuksen yhteistoiminnan kautta. (Centria 2019c.)

2.1 TRINITY -hanke

Opinnäytetyön tilaajana oli TRINITY-hankkeen partneri Centria. TRINITY-hankkeen tavoitteena on parantaa valmistavan teollisuuden yritysten ketteryyttä ja innovaatiokykyä Euroopassa. Hanke kokoaa yhteen eurooppalaisen tutkimus- ja teollisuusyhteisön sekä kannustaa yrityksiä uusien digitaalisten teknologioiden ja robotiikan hyödyntämiseen. Kuten voimme nähdä kuvasta 1, TRINITY-hankkeella on erittäin laaja partneriverkosto. (TRINITY-hanke 2019a.) Digitaalinen kaksonen on uusi trendi robotiikan ja digitaalisten teknologioiden saralla ja TRINITY-hankkeessa toivottiin aiheesta opinnäytetyötä, joka kannustaisi yrityksiä hyödyntämään aihepiirin uusia innovaatioita sillä ajatuksella, että digitaalinen kaksonen toisi aitoa lisäarvoa yrityksille.



KUVA 1. TRINITY-hankkeen partneriverkosto. (TRINITY-hanke 2019b.)

TRINITY-verkoston jäsenet edistävät ketterää tuotantoa kehittämällä lupaavimpiin robotiikan alueisiin liittyviä sovellusesimerkkejä. Tällaisia alueita ovat yhteistyörobotiikka, turvallisuuden anturijärjestelmät, tehokkaat lisätyn todellisuuden käyttöliittymät ja puhekäyttöliittymät. Mukana ovat myös uudelleenkonfiguroitavat robottisolut ja oheislaitteet (kuten kiinnittimet, ohjaimet, tarttujat jne.) sekä esineiden internetin suojatut langattomat verkot. (TRINITY-hanke 2019a.)

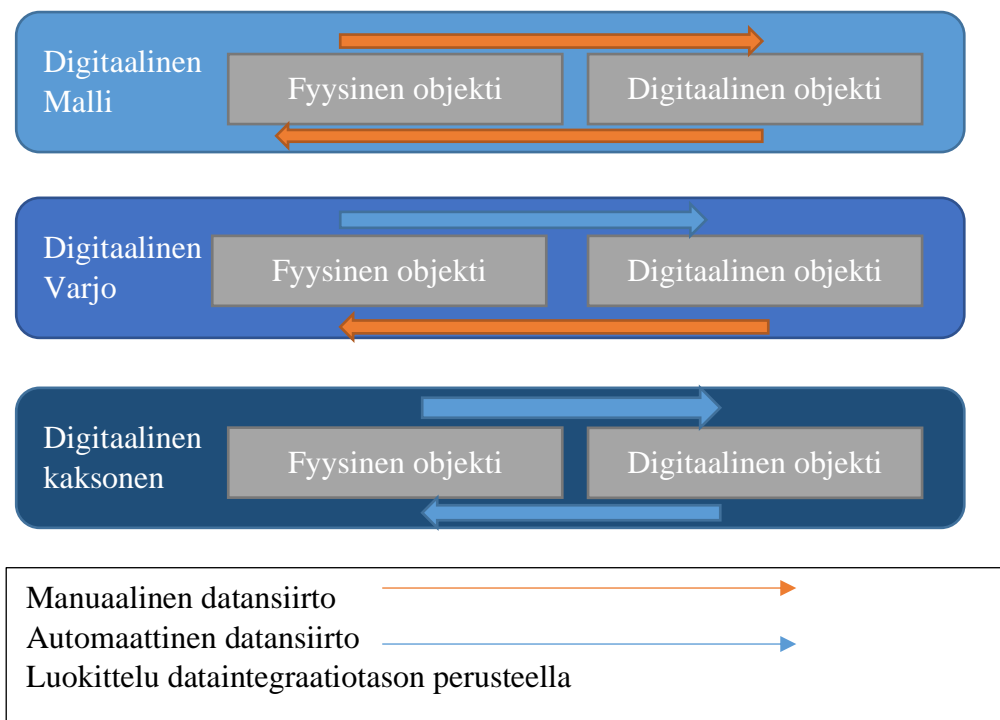
TRINITY- hanke on rahoitettu EU:n Horisontti 2020 -ohjelmalla, joka tarjoaa rahoitusta kansainvälisenä yhteistyönä toteutettaville tutkimus- ja innovointihankkeille, mutta myös yksittäisille tutkimusideoille. Ohjelma on käynnissä vuosina 2014-2020. EU:n tavoitteena on luoda Eurooppaan kasvua ja uusia työpaikkoja vahvistamalla Horisontti 2020 -ohjelman avulla EU-alueen tieteellistä osaamista, tukemalla uusien teknologioiden ja innovaatioiden kehitystä ja käyttöönottoa ja etsimällä ratkaisuja suuriin yhteiskunnallisiin haasteisiin Euroopassa. (Business Finland 2019.)

3 DIGITAALINEN KAKSONEN

Digitaalisen kaksosen määritelmä vaihtelee lähteen mukaan. Opinnäytetyössäni olen valinnut digitaalisen kaksosen määrittelyyn kolme termiä, jotka erottavat digitaalisen kaksosen kehitysasteen sen mukaan, miten tieto siirtyy digitaalisen mallin ja fyysisen tuotteen välillä. Digitaalisen kaksosen määrittelyä varten kirjallisten lähteiden lisäksi vierailin Alihankinta 2019 ja Teknologia 19 -messuilla. Messuilla digitaalista kaksosta määritelmänä esiintyi varsin kirjavasti ja vierailu vahvisti käsitystä siitä, että määritelmälle ei ole kehittynyt vakiintunutta käyttötapaa, vaikka termi on usein esillä.

3.1 Digitaalinen kaksosen käsitteenä

Nikula on määritellyt digitaalisen kaksosen digitaalseksi mallinnukseksi fyysisestä tuotteesta, jossa mallinnus koostuu mallista ja siihen viedystä reaali maailmasta kerätystä datasta. Tämän määritelmän mukainen digitaalinen kaksonen voidaan kytkeä kokonaisuudeksi, jossa todellisen tuotteen tai prosessin toiminta tuottaa dataa kaksoselle, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi tuotteen tulevaisuuden tilan ja käyttäytymisen ennustamisessa. Digitaalisten kaksosten alamääritelmät tarkemmin voidaan jakaa dataintegraation perusteella kolmeksi kategoriaksi: malli, varjo sekä kaksonen. (Nikula 2019, 15.)



KUVIO 2. Digitaalisen kaksosen luokittelu dataintegraation perusteella. (Mukaillen Nikula 2019, 15.)

Kuviossa 2 on havainnollistettu digitaalisen kaksosen eri kategorioihin dataintegraation perusteella. Näitä kolmea alakäsitettä esitellään tarkemmin omissa alaluvuissaan.

3.1.1 Digitaalinen malli

Nikula on määritellyt digitaalisen mallin dataintegraatiotasoltaan niin, että digitaalinen malli on yhteydessä fyysiseen objektiin ainoastaan manuaalisella yhteydellä. Tässä malli voi hyödyntää dataa fyysisestä objektista, mutta data ei siirry automaattisesti digitaalisesta mallista fyysiseen objektiin tai päinvastoin. (Nikula 2019, 15.) Opinnäytetyön tiedonhaun yhteydessä löytyi useita lähteitä, joissa yksistään tätä digitaalista mallia esiteltiin digitaalisena kaksosena. Itsessään mallintaminen on ollut kuitenkin käytössä esimerkiksi valmistavissa yrityksissä pitkään, joten sitä ei tässä opinnäytetyössä hyväksytty suoraan digitaaliseksi kaksoseksi.

Pidän todennäköisenä, että digitaalisten kaksosten sovellusten yleistyessä digitaalinen malli ei enää riitä digitaaliseksi kaksoseksi alan terminologiassa. Nykyhetkellä kuitenkin digitaalisesta kaksosesta puhuttaessa saatetaan tarkoittaa digitaalista mallia.

3.1.2 Digitaalinen varjo

Digitaalinen varjo tuo uusia hyötyjä verrattuna digitaaliseen malliin yhdistämällä digitaalisen ja fyysisen. Nikulan määritelmässä digitaalinen varjo saa datan fyysisestä objektista automaattisesti ja sen tila päivittyy fyysisen objektin tilan muuttuessa. Digitaalinen varjo ei kuitenkaan vaikuta automaattisesti takaisin fyysiseen objektiin. (Nikula 2019, 15.)

3.1.3 Digitaalinen kaksonen

Digitaalisen kaksosen tiukin määritelmä vaatii kaksisuuntaisen vuorovaikutuksen digitaalisen ja fyysisen välillä. Nikula on määritellyt kolmessa dataintegraation tason mukaan tehdyssä alamääritelmässä digitaalisen kaksosen korkeimman dataintegraation tason perusteella. Tässä tiukimman määritelmän mukaisessa digitaalisessa kaksosessa data liikkuu automaattisesti molempiin suuntiin, mahdollistaen esimerkiksi fyysisen objektin ohjaamisen digitaalisen kaksosen avulla. Tämä jatkuva datavirta tuo kuitenkin haasteita esimerkiksi reaaliaikaiseen iteratiivisesti suoritettavaan laskentaan (Nikula 2019, 15.)

Ei ole ainoastaan tärkeää ymmärtää missä vaiheessa digitaalinen kaksonen on olemassa. Kuten jokainen malli tuotteesta ja prosesseista, digitaalinen kaksonen kulkee fyysisen mallin kanssa läpi tuotteen elinkaaren ja auttaa parantamaan itse tuotetta jo ennen kuin se on valmis tuotantoon ja lopulta käyttöön. (CIMdata 2019, 8.) Suurimmat hyödyt tulevaisuudessa saadaan, kun digitaalinen kaksonen kulkee läpi tuotteen elinkaaren, myös tuotekehityksestä loppuasiakkaalle. Opinnäytetyötä aloittaessa oli tavoitteena saada case-esimerkkeihin mahdollisimman paljon digitaalisen kaksosen tiukimman määritelmän mukaisia sovelluksia, mutta valitettavasti tiedonhaun edetessä selvisi, että on erittäin haastavaa saada aihepiirin tutkimuksia käyttöön suoraan.

3.2 Digitaalisen kaksosen historiaa

Digitaalisen kaksosen historiaan liittyy tarve pitkäaikaisen datan hyödyntämisestä. Nikula kuvaa digitaalisten kaksosten ensimmäisiksi kehitysaskeliksi lento- ja avaruusteollisuuden saavutuksia. Digitaalisia kaksosia luotiin rakennemekanikan, materiaalitieteen sekä pitkän aikavälin suorituskyvyn ennustamisen kautta. Ensimmäisten kehitysaskelten jälkeen digitaalisia kaksosia on suunniteltu muu muassa tuotteiden ja tuotantoresurssien virtualisointiin, informaation keräämiseen sekä prosessien ohjauksen optimointiin. (Nikula 2019, 14-15.)

Jo 2000-luvun alussa digitaalisen kaksosen määritelmään liittyi yhteys digitaalisen ja fyysisen välillä. Digitaalisen kaksosen konsepti alkoi saada tunnettavuutta 2000-luvun alussa, huomattavimmin Michael Grievesin työssä Michiganin Yliopistossa. Grieves ehdotti, että digitaalisen kaksosen mallilla on kolme osaa: a) fyysiset tuotteet reaali maailmassa, b) virtuaaliset tuotteet virtuaali maailmassa, ja c) yhteydet datalla ja informaatiolla, jotka liittävät virtuaalisen ja reaali maailman tuotteet yhteen. Vuosien kuluessa, digitaalisen kaksosen määritelmä (ja tuotelupaus) digitaalisesta kaksosesta on kehittynyt, mutta perusidea pysyy samana: dynaaminen, virtuaalinen ohjelmistokehitetty representaatio vastaavista fyysisistä kyvykkyyksistä ja prosesseista. (Visual Components 2019.)

3.3 Digitaalisen kaksosen nykytila

Digitaalisen kaksosen nousua trendiksi on huomattavissa ilmiö, jossa termi otetaan käyttöön ilman että varsinainen hyöty digitaalisesta kaksosesta innovaationa tulee käytettyä. Tällä hetkellä digitaaliselle kaksoselle ei ole vakiintunutta määritelmää, ja se näkyy digitaalisen kaksosen sovelluksia etsiessä kuten myös teknologia-alan messutarjonnassa digitaalisen kaksosen otsikoiden sisältöjen alla. Nikulan mukaan toistaiseksi fyysisien ja digitaalisten kaksosten välinen vuorovaikutus on ollut enimmäkseen epäjatkovaa ja manuaalista (offline) - jatkuvan suoran vaikutuksen (online) sovellukset ovat harvinaisia (Nikula 2019, 15).

3.3.1 Käyttöön otettujen digitaalisten kaksosten vaatimat resurssit

Digitaalisen kaksosen vaatimat resurssit riippuvat siitä, mitä digitaalisella kaksosella halutaan saavuttaa ja miten korkea dataintegraation taso vaaditaan. Digitaalinen kaksos ei välttämättä vaadi kaikkea tietoa fyysisestä objektista, jos tietoa ei tarvita hyödyn saavuttamiseen.

Jalovaaran mukaan digitaalisen kaksosen toteutus alkaa tuotteen digitaalisen elinkaaren rakentamisella suunnittelusta valmistukseen ja tuotteen käyttöön sekä datan keräämisen aloittamisella. Digitaalisen kaksosen datan keräämistä voidaan automatisoida - esimerkiksi materiaalista ja suunnittelusta sekä tuotteen suorituksista. Tämä tarkoittaa, että datan keräämisessä hyödynnetään asioiden internetin teknologiaa läpi koko tuotteen prosessin - kehityksestä valmistukseen, asiakasyhteistyöhön ja tuotteen käyttöön. Kun kerätty data yhdistetään jo olemassa oleviin historiatietoihin operaatioista ja suoritusdatasta, saadaan tuki digitaalisen kaksosen toteutukselle. (Jalovaara 2019, 14.)

Digitaalisen kaksosen käyttöönotto vaatii siis dataa fyysisestä vastineesta, mallinnusohjelmaa, mahdollista ympäristötietoa fyysisen tuotteen datan lisäksi, simulointiohjelmaa ja tulevaa tiedonkeräystä fyysisestä tuotteesta esimerkiksi antureiden avulla. Nortio kuvailee Mevean digitaalisten kaksosten rakennusprosessin pohjautuvan esimerkiksi valmiille cad- ja simulointimalleille. Mevea on kehittänyt ohjelmiston, joka on ollut yksi ensimmäisistä merkkinoilla olevista mallinnustyökaluista digitaalisen kaksosen luontiin. Mevean mallissa digitaalisen kaksosen ympäristö tuodaan usein Unitista, digitaalinen kaksosen saa komponenttitietoja erilaisista ERP-järjestelmistä, mekaaniset asiat hoidetaan esimerkiksi AutoCADistä ja simulointitietoja liitetään FMI/FMU-standardin avulla esimerkiksi simulointiohjelma ANSYS:sta. Digitaalinen kaksosen koostetaan sitten Mevealla näistä aineksista. (Nortio 2019, 11.)

Digitaalisen kaksosen rakentamiselle ei ole vielä standardia, kuten ei myöskään itse sen käsitteelle. Tammen mukaan, kun valitaan, mitkä ominaisuudet digitalisoidaan, määritellään digitaalisen kaksosen käyttötarkoitusta. Miten? Ei ole olemassa standardoitua toteutusta. Tyypillisesti toteutus hoidetaan seuraavista: laitteet, sensorit, ohjelmistot laitteen mallinnuksella. Tämän päivän mahdollisuudet: Big data, tekoäly, teollinen Internet, langattomat yhteydet, pilvipalvelut. (Tammi 2019, 6.) Ohjelmistokehityksessä ja teollisessa internetissä haasteeksi voi nousta yhteensopivuus ja protokollien ja standardien vakiintumattomuus ja yhdistettävyyys. Ei ole vielä yhtä teollista internetiä, jonka yritys voisi ottaa saumattomasti käyttöönsä. Yksi suurimmista esteistä kohti elinvoimaista ja monipuolista asioiden internetiä on kamppailu protokollista ja standardeista (Greengard 2015, 114).

3.3.2 Digitaalisen kaksosen tuomat hyödyt

Bell haastaa asioiden internetin ratkaisujen määritelmää – pelkkä laitteen yhdistäminen ei tee laitteesta asioiden internetin ratkaisua – jos yhdistämisestä ei ole hyötyä (Bell 2016, 3). Asioiden internetistä ja

teollisuus 4.0:sta puhuttaessa on hyvä muistaa, että tekniikan kehityksessä pysymisen ei tarvitse olla yrityksille itseisarvo, vaan sen etsiminen, mitä hyötyä tai lisäarvoa kehityksellä saadaan aikaan. Digitaalisen kaksosen tuomat hyödyt voivat liittyä koko tuotteen elinkaareen tuotekehityksestä loppuasiakkaalle ja takaisin tuotekehityksen tarpeisiin, mutta digitaalista kaksosta suunniteltaessa voidaan myös rajata mihin käyttöön digitaalinen kaksonen halutaan.

Digitaaliselle kaksoselle on monia soveltamiskohteita ja käyttömahdollisuuksia, ja koska tämä on hyvin aktiivinen tutkimuksen ja innovoinnin kohde, esimerkkejä tulee koko ajan lisää. Yleisesti voidaan luetella seuraavia käyttökohteita: mallien validointi reaaliaikaisen datalla, päätöksenteon tuki ja huomioidot käyttäjälle, muutosten ennustaminen fyysisessä järjestelmässä ajan kuluessa ja uusien käyttötapojen ja liikevaihdon kasvattamisessa. Digitaalisen kaksosen tuomat hyödyt ovat houkuttelevia – tehokkuus ja tuotteiden laatu paranee, suunnittelemattomat huoltokatkot ja takaisinajot lyhenevät. Digitaalisia kaksosia voi soveltaa jo tehtaan suunnittelusta toimeksiantoihin ja kunnossapitoon ja digitaalinen kaksonen tuo lisäarvoa läpi tuotannon elinkaaren. (Visual Components 2019.)

CIMdata puolestaan kertoo hyödyiksi järjestelmän nykyisen ja tulevan kyvykkyyden arviointi läpi koko elinkaaren. Löydetään aikaisessa vaiheessa järjestelmän kyvykkyydet etukäteisistä operaatioiden simulaatioista ja käyttötarkoituksista. Tämä sisältää datan ja informaation hyödyntämisen aiemmin käyttöön otetuista samantyyppisistä tuotteista ja prosesseista hyödyntäen analytiikkakoneistoa. Tuotteiden, prosessien ja kokonaisten järjestelmien optimointi reaaliajassa tai lähes reaaliajassa. Edellämainittu sisältää automaattisen tai lähes automaattisen järjestelmien ja koneistojen käytön, hyödyntäen perustan elementtejä kuten analytiikkakoneistoa, innovaatioalustaa ja pilvessä toimivia järjestelmiä. Diagnostiikka ja viannääritys, käyttökatkojen ennustaminen, optimaalisten huoltoaikojen määrittäminen. Kouluttaminen ja opetus virtuaalisen todellisuuden ympäristössä auttaa tulevia koneen operaattoreita tuotantolinjoilla ja kuluttajatuotteiden parissa tutustumaan tuotteeseen ja sen erityisiin toimintoihin. Etukäteen optimointi, kun voidaan testata konetta virtuaalisesti kokonaislogistiikkaketjuun siinä koneistossa, johon se integroituu. (CIMdata 2019, 11.)

Nortio osoittaa digitaalisen kaksosen hyötyjä koulutuksesta – digitaalista kaksosta voidaan hyödyntää fyysisen koneen sijasta. Toinen Nortion mainitsema käyttöalue digitaaliselle kaksoselle on digitaalisen kaksosen kulkeminen todellisen tuotteen rinnalla, jolloin se auttaa koneen ohjausjärjestelmää tai operaattoria ymmärtämään paremmin laitteen tilaa ja sen toiminnan mahdollisen tehokasta optimointia. Kolmas Nortion mainitsema hyöty on digitaalisen kaksosen yhteys laitteesta kerättyyn dataan esimerkiksi

pilvessä. Tällöin se voi täydentää kerättyä dataa ja tukea sen analysointia esimerkiksi kunnossapidon tueksi. (Nortio 2019, 10.)

Lehto ja Peltoranta puolestaan käsittelee digitaalista kaksosta laajemmin insinööritieteiden kokonaisvaltaisena murroksena. Esineiden internet ja digitaalisen kaksoset mahdollistavat kulttuurillisen vallankumouksen insinööritieteissä – oletuksista kohti reaali maailman tietoa, käyttötarpeisiin sopivaa suunnittelutyötä, ei yli- eikä alisuunnittelua, yhdistetään insinööri työ ja palvelu tiiviimmäksi (jolloin oikea käyttö ja olosuhteet ovat palvelun perusta), kerätään tietoa kentältä tukemaan vuoropuhelua laitteen valmistajan ja asiakkaan välillä, jatkuva oppiminen hyödyntämällä kentältä tulevaa tietoa jokapäiväisessä suunnittelu- ja palvelutuotannossa. (Lehto, Peltoranta 2019, 8.)

3.4 Digitaalisen kaksosen tulevaisuus

Digitaalisen kaksosen terminologia todennäköisesti tarkentuu tulevaisuudessa, kun yrityksillä on enemmän tiukemman määritelmän mukaisia digitaalisia kaksosia hyödynnettävissä. Digitaalinen kaksosen vaatii paljon resursseja teollisuus 4.0:aan liittyen, mutta jos resursseja löytyy, ovat sen käyttömahdollisuudet laajat. Fyysisten tuotteiden lisäksi on esimerkiksi mahdollista tehdä digital twin organization eli digitaalinen kaksosen organisaatiolle.

Merilehto kuvaa tiedonkulun tulevaa reaaliaikaisuutta tärkeänä johtamisen välineenä ja kehittäjänä. Merilehdon mukaan suurimmat hyödyt liiketoiminnassa seuraavina vuosina saadaan oikean tiedon saavuttaessa oikeat ihmiset oikeaan aikaan. Kuvauksessa on kolme vaihetta – liiketoimintaprosessien kuvaus, selkeisiin haasteisiin keskittyminen tekoälyn ja koneoppimisen keinoin ja koneen ottaminen päätöksenteon tueksi monimutkaisiin ongelmien tueksi. (Merilehto 2018, 41.)

Asioiden internetin mullistaessa maailmaa tiedonkululla fyysisen maailman ja digitaalisen maailman välillä pystytään ymmärtämään reaali maailman ilmiöitä uudella tasolla. Zhou kuvaa tulevaa fyysisen maailman tulona yhdistetyksi informaatiojärjestelmäksi. Asioiden Internetin maailmassa sensorit ja aktuaattorit jotka ovat istutettu fyysisiin objekteihin ovat linkitetty johdoilla ja johdottomilla verkostoilla jotka yhdistyvät Internetiin. Kun objektit voivat sekä aistia ympäristön että kommunikoida, niistä tulee työkaluja, joiden avulla voidaan ymmärtää reaali maailman kompleksisuutta ja reagoida siihen pikaisesti. (Zhou 2013, 25.) Collin ja Saarelainen puolestaan tuovat esille ohjelmistojen merkityksen tulevaisuudessa – ohjelmistot määrittävät sen, millaiset tuotteiden ja palvelujen ominaisuudet ovat kulloisenakin

ajanhetkellä sen sijaan, millaisena tuote tai palvelu on ollut sen lähtiessä valmistajalta (Collin, Saarelainen 2016, 38).

4 PK-YRITYSTEN VALMIUS DIGITAALISTEN KAKSOSTEN HYÖDYNTÄMISEEN

Tässä opinnäytetyössä pk-yritysten valmiutta digitaalisten kaksosten hyödyntämiseen tutkittiin Yrittäjien yritysbarometrin avulla ja Asko Eerolan opinnäytetyön ”Digitalisoitumisen ja teollisen internetin hyödyntäminen liiketoiminnassa” pohjalta. Digitaalisten kaksosten hyödyntämisen resursseja on jaoteltu seuraaviin: henkilöstön osaaminen, ohjelmistot, konekanta ja tuotantosolut sekä budjetointi uusiin hankkeisiin.

4.1 Pk-yritykset ja digitaalinen kaksonen

Digitaalisen kaksosen määritelmä on vielä ammattilaispiireissäkin vakiintumaton, joten on mahdollista olettaa, että pk-yritysten käsitys digitaalisesta kaksosesta voi olla selkiintymätön. Digitaalinen kaksonen on kuitenkin ollut trendilistauksissa pinnalla, joten digitaaliseen kaksoseen löytyy varmasti sitä kautta kiinnostusta myös pk-yrityksissä.

Eerolan suorittamissa haastatteluissa on selvinnyt digitalisaation ilmenevän metalli- ja konepajateollisuudessa etenkin uusissa koneissa, jotka voidaan liittää verkkoon. Digitalisaation hyödyntämistä havaittiin myös tuotannon mittaamisessa sekä monipuolisissa ohjelmissa. Eerolan haastatteluissa digitalisaation käsite ymmärrettiin hyvin vastaajien keskuudessa. Yritykset olivat havahtuneet siihen ja sen tuomiin muutoksiin. Teollisen internetin käsite sen sijaan ymmärrettiin hyvinkin eri tavoilla ja yrityksissä sen tuomiin mahdollisuuksiin oli varauduttu kaksijakoisesti - kymmenelle yritykselle teolliseen internetiin varautuminen oli vielä passiivista ja enemmänkin markkinoiden ja mahdollisuuksien seuraamista. Asioita oli mietitty jokaisessa yrityksessä, mutta varautuminen oli vielä vähäistä. (Eerola 2016, 39.)

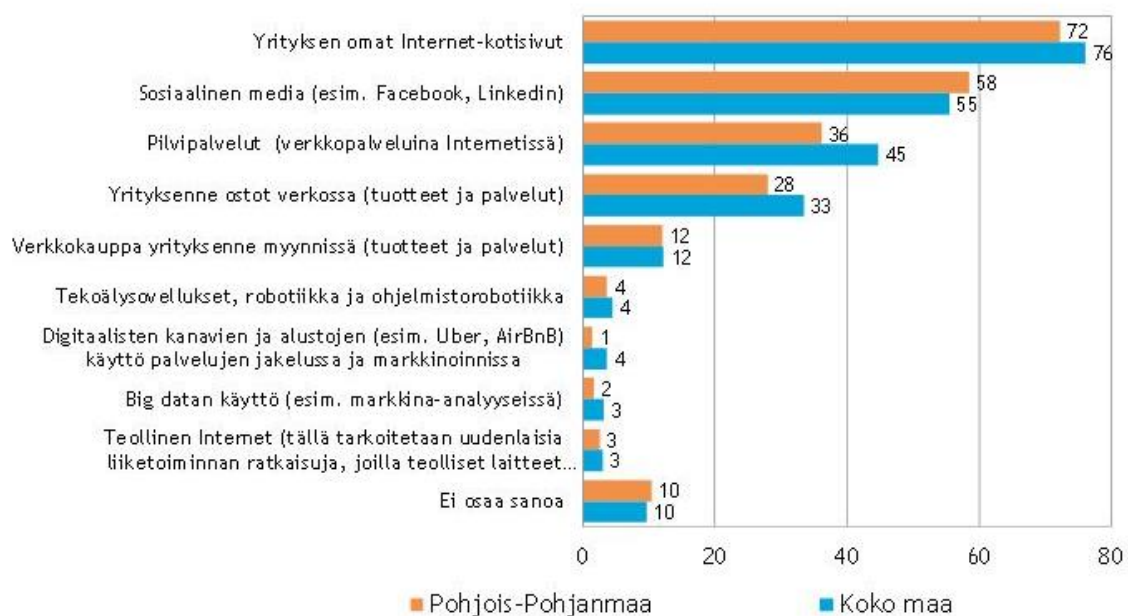
4.1.1 Henkilöstön osaaminen

Digitaalisen kaksosen ollessa ammattilaispiireissäkin vielä hieman selkiytymätön käsite, ja teollisen internetin hyödyntäminen on useissa yrityksissä vielä sen verran uutta tai vasta tulossa, että nykyisen henkilöstön osaaminen voi olla yksi haasteista digitaalisen kaksosen sovellusten käyttöönotolle. Tavoitteena digitaalisissa kaksosissa on tosin monilla sen valmistajilla helppokäyttöisyys, joten on mahdollista, että oikein toteutettuna digitaalisessa kaksosessa henkilöstön osaaminen ei ole ehdoton edellytys yrityksen

sisällä. Hankintapuolelle digitaalisen kaksosen suunniteltu käyttöönotto voi aiheuttaa tarvetta perehtymiseen. Teollisuus 4.0:aan, digitaalisiin kaksosiin ja robotiikkaan liittyen päättäjien yrityksissä ja hankinnoista vastaavien olisi hyvä ymmärtää perusasioita.

4.1.2 Ohjelmistot

Kuten Yritysbarometrin 2019 tuloksista näkyy kuviossa 3, on yrityksissä teollisen internetin hyödyntäminen vielä hyvin vähäistä. Teollinen internet on edellytys monille digitaalisen kaksosen sovelluksille, joten yritysten lähtötaso on tästä katsottuna haasteellinen.



KUVIO 3. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten liiketoiminnassaan hyödyntämät tai käyttämät digitaaliset työkalut ja palvelut, %. (Pk-yritysbarometri 2019, 16)

Kuviossa 3 vain 3 % Pohjois-Pohjanmaan pk-yrityksistä on vastannut käyttävänsä teollista internetiä digitaalisena työkaluna. Myös tekoälysovellusten, robotiikan ja ohjelmistorobotiikan käyttö on prosentuaalisesti vähäistä.

4.1.3 Konekanta ja tuotantosolut

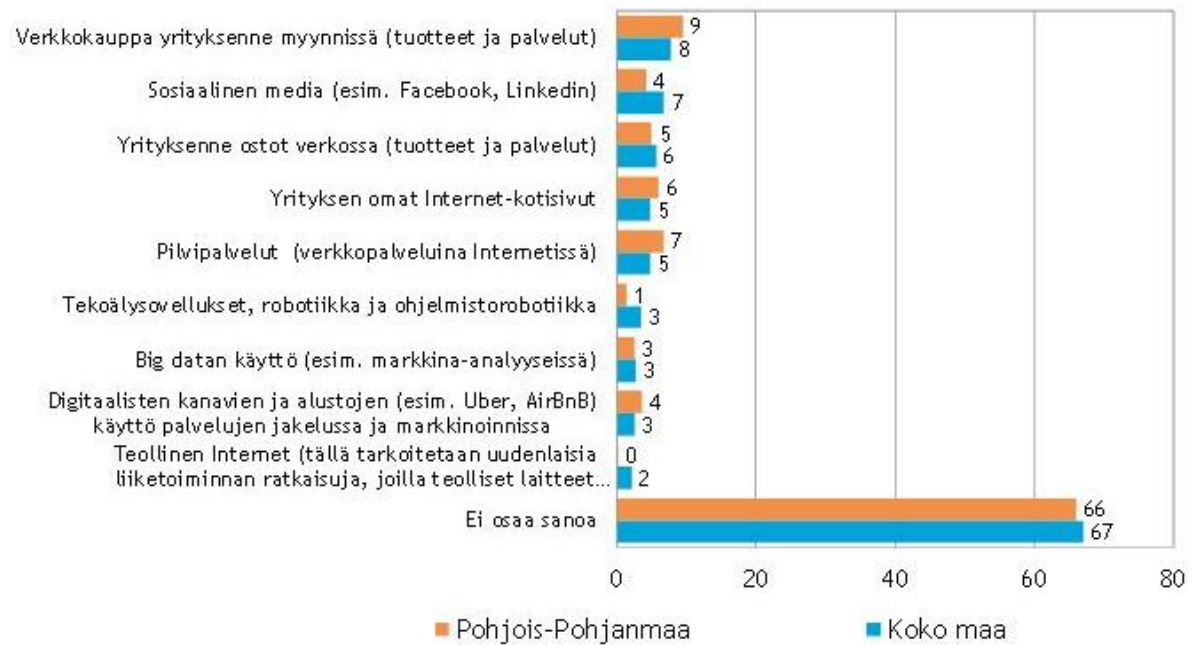
Eerolan opinnäytetyöhön tehdyissä haastatteluissa selvisi, että uudet koneet, joita pk-yrityksiin hankitaan, ovat verkkoon liitettäviä. Tuotannon mittaamisessa digitalisaatiota hyödynnetään myös. (Eerola

2016, 39.) Moni laitevalmistaja huomioi teollisen internetin tulevat tarpeet ja siten yritysten konekanta voi tukea digitaalisen kaksosen käyttöönottoa pk-yrityksissä.

4.1.4 Budjetointi uusiin hankkeisiin

Eerolan opinnäytetyössä selvisi, että raha ja rahan sijoittaminen digitalisaation on suurimpia haasteita kehitykselle. Uusia menetelmiä ei ryhdytä viemään eteenpäin, ellei olla varmoja saatavista hyödyistä. Tämä johtuu siitä, että yrityksillä ei ole varaa virheellisiin investointeihin. Ilman selkeää ansaintalogiikkaa investointi jää tekemättä. Kaupallisten toimijoiden ratkaisujen kalleus ja vakuuttamattomuus niiden toimivuudesta jarrutti hankintoja. Myös kaupallisten toimijoiden tarjoamia ohjelmistoja pidettiin mitta-kaavaltaan haastavana. (Eerola 2016, 42-43.) Toisaalta digitalisaatio nähdään mahdollisuutena. Vaikuttaa siltä, että budjetointi on yksi kriittisistä syistä, joka voi hidastaa digitaalisen kaksosen käyttöönottoa yrityksissä.

Eerolan mukaan yritykset näkivät paljon mahdollisuuksia tulevaisuudessa toimintansa tehostamiseen ja tuotteiden parantamiseen digitalisaatiolla ja teollisen internetin ratkaisuilla. Haastatteluissa suurin osa yrityksistä teollisen internetin suurimmat hyödyt nähtiin oman toiminnan tehostamisessa. Ratkaisuilla haettaisiin kustannussäästöjä kilpailukyvyn säilyttämiseen ja parannettaisiin ja tehostettaisiin toiminnan laatua. Myös parempi ennustettavuus esimerkiksi laitteiden rikkoutumista koskien ja niiden korjaamisen ja huoltotoiminnan ja kunnossapidon osalta. Lisäksi yritykset näkivät hyödyntämiskohteena sisäisen toiminnan, kuten tuotantolinjat, varastointi ja logistiikan osalla. (Eerola 2016.)



KUVIO 4. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten digitaaliset työkalut ja palvelut, joita pk-yritykset aikovat ottaa käyttöön seuraavien 12 kk:n aikana, %. (Pk-yritysbareometri 2019, 17)

Kuviossa 4 on Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten digitaalisia työkaluja ja palveluita, joita suunnitellaan otettavaksi käyttöön seuraavien 12 kuukauden aikana. Kuvioista näkyy, että digitaaliseen kaksoseen liittyvät tekoälysovellukset, robotiikka ja ohjelmistorobotiikka sekä Teollinen internet ovat joko poissa suunnitelmista tai hyvin harvan yrityksen aikomuksena. Toisaalta kyselystä näkyy myös suuri määrä vastanneita, jotka eivät osaa sanoa mitä ottavat käyttöön.

5 YRITYS-CASET

Valitsin 5 erilaista case-esimerkkiä hankkeista ja yrityksistä digitaaliseksi kaksoseksi nimitetystä projektista. Case-esimerkin valintaan johti tiedon helppo saatavuus, se että yritys tai hanke käyttää itse termiä ”digitaalinen kaksonen” ja casen kotimaisuus.

TAULUKKO 1. Yritys-caset digitaalisista kaksosista havainnollistettuna taulukkona.

Case	Framery puhelin-koppi	Kalasadama	Ilmatar nosturi	Sleipner kaivinkone	Suomen kansallismuseo
Toteuttaja	Remion	Kira digi hanke	Aalto yliopisto	Mevea	Granlund
Tarkoitus	tuoteopti-mointi ja tiedonkeräys	sääolojen tarkastelu ja päätöksenteon tuki	uusien nosturien suunnittelun tueksi	tuotekoulutus kaivinkoneoperaattoreille	olosuhdetietojen visualisointi
Hyödyt	tuotekehitys loppukäyttäjälle tietoa päätöksenteon tueksi	avoimesti käytettävä malli myös tuleviin hankkeisiin mahdollisuus sääolojen tarkasteluun kaupunkimallialusta päätöksenteon tueksi	tosiasiallisen käyttötiedon tarkastelu tukea tuotesuunnitteluun	koulutusajan lyhennys fyysisen tuotteen käytön vapautuminen koulutuksesta käyttöön	monimutkaisten olosuhdetietojen esittäminen ymmärrettävästi tulevaisuudessa mahdollisuus ohjata kiinteistön rakennusautomaatiota
Määritelmä	digitaalinen varjo	digitaalinen malli	digitaalinen varjo	digitaalinen varjo	digitaalinen varjo

Taulukossa 1 on esitelty tähän opinnäytetyöhön valikoidut case-esimerkit. Esimerkkejä on eri aloilta ja erilaisina toteutuksena.

5.1 Framery-puhelinkopin digitaalinen kaksosen tuoteoptimointiin ja tiedonkeräykseen

Frameryn puhelinkopista digitaalisen kaksosen on toteuttanut Remion. Remion on teollisen internetin palveluita tuottava yritys, joka suunnittelee ja toteuttaa teollisen internetin palveluratkaisuja ja niihin liittyviä sovelluksia tiedon keräämiseen, analysointiin ja esittämiseen (Remion, 2019). Framery valmistaa ja kehittää äänieristettyjä puhelinkoppeja ja työtiloja. Tavoitteena on näillä lisätä onnellisuutta työpaikoilla ratkaisemalla melu- ja yksityisyysongelmia. Yritys perustettiin vuonna 2010 ja sen tuotteita on muun muassa Microsoftilla, SAPilla, Deloittella ja PWC:llä. (Framery, 2019.)

Valtonen kuvailee Frameryn puhelinkopin digitaalisen kaksosen tuovan uutta tietoa kopin käytöstä, käyttäjien käyttökokemuksesta ja myös siitä, miten ihminen käyttäytyy kopissa. Tietoa voidaan analysoida ja hyödyntää puhelinkoppien tuotekehityksessä (Framery 2019.)

Kerätään tietoa:

- käyttö
- olosuhde
- sijainti

Hyöty:

- käyttö
- käytön optimointi
- kiinteistöhoitajille käyttöaste, käyttökokemukset ja olosuhteet
- henkilöstöhallinnolle käyttäjien kokemukset, käyttöaste
- tuotekehitykselle tietoa miten suunnitella parempia koppeja
- suunnittelijoille käyttötietoa kentältä (Framery 2019.)

Digitaalisen kaksosen demovaiheessa käytettiin kahta puhelinkoppia. Kehitys on kestänyt puolitoista vuotta. Tietojen keräys koostuu mm. kopin ilmastoinnista ja valaistuksesta, käyttöasteesta sekä esimerkiksi käyttäjän asennoista, aktiviteeteista ja käyttökokemuksesta. Näin loppukäyttäjä saa tietoa koostavan työkalun, josta käyttäjät pystyvät saamaan juuri sitä tietoa, mitä he tarvitsevat (Framery 2019.)

Digitaalisen kaksosen komponentit:

- tietonäkymät 3d-livenä, historiatrendeinä ja toistuvuuksina, lämpökarttoina tilan mukaan
- tuulettimen suoritustiedot, valaistus

- ilmanlaatuanalyysi
- valon tason monitorointi
- käyttäjän asentotiedot istuessa ja seisoessa
- käyttöaste, vapaana käyttöön tieto ja kopin käyttöaika
- pilvipalvelut langattomasti ja tiedon prosessointi
- monitoiminen valaistus: varaustieto, palautteen rekisteröinti ja tunnelmavalaistus
- käyttäjätyytyväisyys etununnisteella
- käyttäjäaktiivisuus pöytäkosketuksesta ja esinetunnistuksesta
- oven toiminta (kosketus ja asentotunnistus)
- ihmisvirtaukset oven lähellä (Framery 2019.)

Framery-puhelinkopin digitaalinen kaksonen herättää kysymyksen näin yksilöivän tiedon keräämisen laillisuudesta ja käyttötarkoituksesta varsinaisella loppuasiakkaalla. Jos esimerkiksi työnantaja saa tietoa työntekijöidensä puhelinkopin käyttöajoista ja heidän asennoistaan, voiko työnantaja esimerkiksi käyttää tätä työajanvalvontaan tai työntekijöiden terveydentilan seurantaan (puhumisasento puhelinkopissa). Framerylta on kommentoitu tiedonkeräystä sillä, että suostumusten saaminen on loppukäyttäjän vastuulla. Valitsin Framery-puhelinkopin case-esimerkiksi kuitenkin siksi, että samantyyppistä ratkaisua voitaisiin käyttää myös eettisesti kestävämmiin täysin erityyppisissä sovellutuksissa. Esimerkiksi eläinlääkärin vastaanotolla voisi olla eläinpotilaille koppeja, jotka valvoisivat eläinten terveydentilaa ja tallentaisivat myös tietoa, jota eläinlääkärit tai mahdollinen ohjelmisto analysoisi valmiiksi, jolloin eläinlääkärikäynnissä saataisiin tehokkaasti oikeaa tietoa ja myös tarve esimerkiksi omistajan paikalla ololle heti leikkauksen jälkeen olisi vähäisempi.

Framery-puhelinkopin digitaalisen kaksosen mahdolliset hyödyt:

1. Automaattinen, rutiininomaisen toimenpiteen yhteydessä tapahtuva monipuolinen tiedonkeruu, jolla voidaan kehittää prosesseja
2. Loppuasiakkaan käyttöön tuleva digitaalinen kaksonen tuo lisäarvoa itse tuotteelle, jos asiakkaalla on käyttöä digitaalisen kaksosen tarjoamalle datalle
3. Tietoa tuotesuunnittelun tueksi

5.2 Kalasataman digitaaliset kaksoset sääolojen tarkasteluun ja päätöksenteon tueksi

Valitsin case-esimerkiksi Kalasataman digitaaliset kaksoset kaupunkimallit. Hankkeesta oli saatavilla muihin digitaalisten kaksosten hankkeisiin verraten hyvin tietoa ja hankkeen tavoitteet digitaalisten kaksosten tulevalle käytölle sopivat hyvin siihen digitaalisten kaksosten määritelmään, joka oli lähtökohtana tälle opinnäytetyölle. Kalasatama sijaitsee Helsingin itäisessä kantakaupungissa. Entistä satama- ja teollisuusaluetta on muutettu 3000 ihmisen kaupunginosaksi ja tulevaisuudessa kehitystä aiotaan jatkaa. Visio on, että koko Kalasatama valmistuu 2040 mennessä - tavoitteena asukkaita 25 000 ja työpaikkoja 10 000. (Helsinki 2019.)

Kira-Digi -hankkeen mukaan digitaalinen kaksonen on virtuaalinen malli prosessista, tuotteesta tai palvelusta. Hankkeen avoimen datan digikaksoset toimivat rakennetun ympäristön koko elinkaaren prosessien sekä Smart-kaupunkikehityksen suunnittelu-, testaus-, sovellus- ja palvelualustana. (Kira-Digi 2019, 3.) Kira-Digi -hankeraportti kuvaa hankkeessa tuotettavan Kalasatamasta uusinta mallinnusteknologiaa hyödyntävät tarkat digitaaliset kaksosmallit CityGML-standardin mukaisena semanttisena mallina sekä kolmioverkkomallina (Kira-Digi 2019, 32).

Digitaalisen kaksosen komponentit:

1. aineiston keruu (ilmavalokuvaus)
2. kolmioverkkomallin laskennat
3. CityGML-standardin mukainen semanttinen malli (vesialueet, sillat, maasto, maankäyttöalueet,
4. Kolmioverkkomalli
5. tuulisimulaatiot
6. aurinkotuntianalyysi ja varjoisuus
7. kaupunkimallit Unity-striimauspalvelussa
8. kaksosmallit SMART-kehitysalustana (Kira-Digi 2019, 2).

Kalasataman digitaalisten kaksosten mahdolliset hyödyt:

1. Digitaalinen kaksonen luo mahdollisuuden erilaisten sääolosuhteiden tarkasteluun jo alueen suunnitteluvaiheessa
2. Laadukkaasti toteutetulla kaupunkimallilla ja tarkoitukseen sopivalla sovelluksella saadaan kevyellä työmäärällä selville konkreettinen varjojen käyttäytyminen. Kaupunkitietomallilla var-

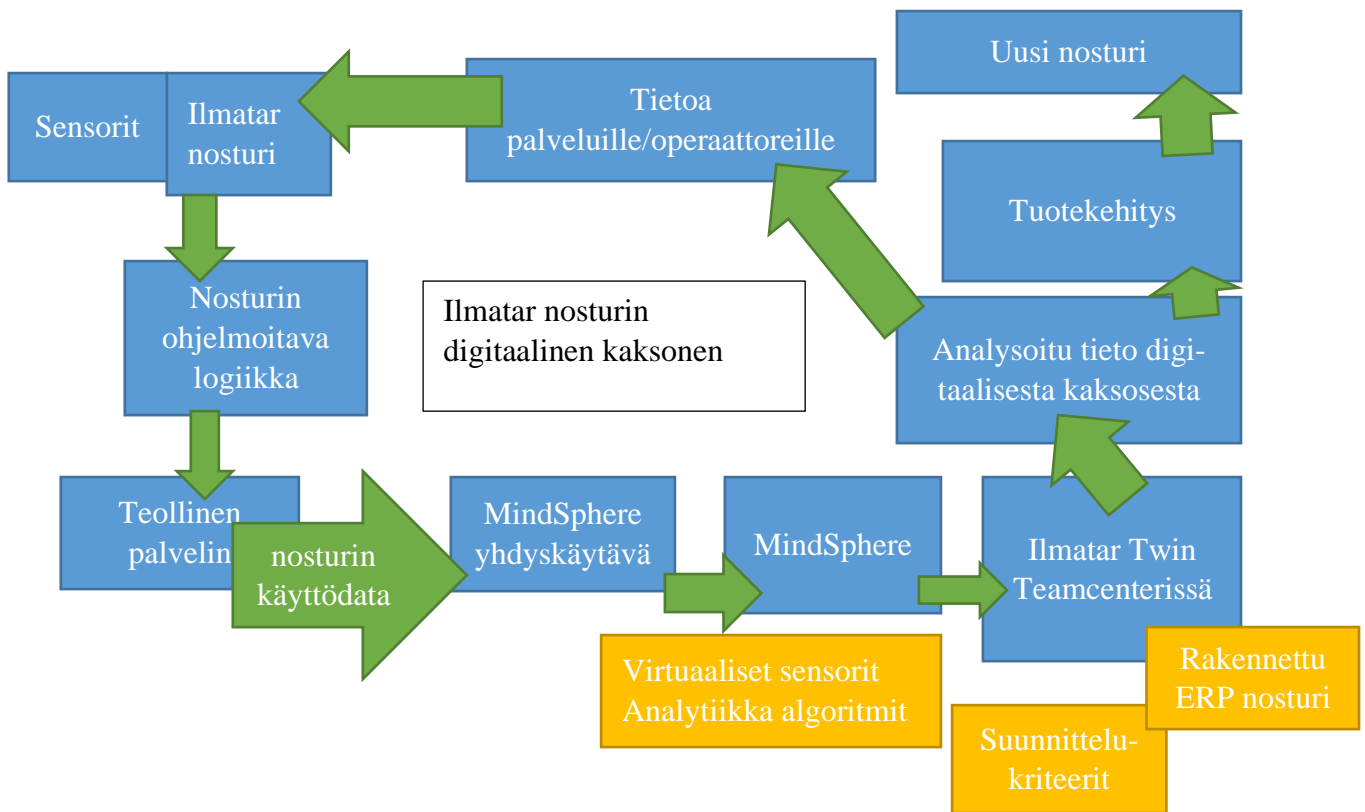
joisuuden tutkiminen on hyödyllistä ja kustannustehokasta etenkin, kun tutkitaan suunnitelma-
rakennusten vaikutusta olemassa oleviin rakennuksiin, esimerkiksi täydennysrakentamisenyh-
teydessä.

3. Kaupunkimallialustan käyttö päätöksenteon tukena on realistinen alku pitkäjänteiselle vaiheit-
taiselle kehitystyölle. (Kira-Digi 2019, 30)

Hankkeen loppuraportti määrittelee suurimmaksi poikkeamaksi hankehakemukseen tavoitteiden saavut-
tamisen edellyttämän työmäärän. Tuntimäärän kasvua saatiin kompensoitua lisähenkilökunnan palk-
kauksella. Sisällöllisesti poikkeama oli erittäin myönteinen kokeilujen tulosten ylittäessä odotukset.
(Kira-Digi 2019, 60.) Opinnäytetyön käsitteen mukainen digitaalinen kaksonen hankkeesta muodostuu
vasta silloin, kun kaupunkimallit elävät reaaliajassa tulevaisuudessakin oikean fyysisen kaupungin mu-
kana. Hieman epäselväksi jäi, pidetäänkö Kira Digi-hankkeen jälkeen kaupunkimallit ajan tasalla ja käy-
tetäänkö niitä monipuolisesti lisäarvon tuottamiseen alueen kehittämisessä tai yrityksissä.

5.3 Ilmatar K16052 digitaalinen kaksonen uusien nosturien suunnittelun tukena

Konecranesin Ilmatar nosturin digitaalinen kaksonen on toteutettu Aalto-yliopiston DigiTwin-hank-
keena. Aalto-yliopisto on pääosin Espoossa sijaitseva kansainvälinen yliopisto, joka toimii tekniikan,
kauppatieteiden ja taiteen aloilla. Konecranes Oyj on suomalainen nostureita valmistava ja kunnossapi-
topalveluita tarjoava pörssi-yhtiö. Kuviossa 5 tarkastellaan Ilmatar nosturin digitaalisen kaksonen tiedon-
siirtoa ja sen vaiheita. Digitaalisen kaksonen voidaan huomata tuovan lisäarvoa monessa kohtaa proses-
seja.



KUVIO 5. Ilmatar nosturin digitaalinen kaksonen. (Mukaiillen Autiosalo 2019, 3.)

Digitaalisen kaksosen komponentit:

1. Fyysinen Ilmatar nosturi
2. Nosturin ohjelmoitava logiikka
3. Teollinen palvelin
4. Nosturin käyttödata
5. MindSphere yhdyskäytävä
6. MindSphere
7. Ilmatar Twin Teamcenterissä
8. Analysoitu tieto kaksosesta
9. Tuotekehitykselle
10. Uusi nosturi
11. Tietoa palveluun ja käyttäjille (Autiosalo 2019, 3.)

Fyysinen ilmatar nosturi kerää tietoa reaali maailmasta sensoreilla ja aktuaattoreilla. Data siirtyy johtojen ja digitaalisten ja analogisten signaalien kautta. Nosturin ohjelmoitava logiikka on sensoreita varten. Sensorien datalla nosturia pystytään ohjaamaan tarkasti. Se on myös standardi teollisuuden automaatio

järjestelmissä. Data siirtyy johdoilla ja useilla protokollilla. Uuden nosturin suunnittelussa voidaan käyttää käyttäjätietoa ja kokemusta olemassaolevista nostureista, jolloin voidaan määritellä parhaiten sopiva nosturi käyttötarkoitukseen. Insinöörien työ helpottuu, kun tieto tuodaan saataville.

Tuotteen suunnittelijoiden täytyy usein etsiä tietoa monista eri lähteistä. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että tuotesuunnittelijainsinöörit voivat saada käyttäjätiedon suoraan digitaalisesta kaksosesta, kertoo Heikki Laaki, tohtorikandidaatti Aalto Yliopistosta. Tällä hetkellä DigiTwin projektin tutkijat tutkivat kuinka ennustaa jäljellä olevaa käyttöikää komponenteille sen digitaalisesta kaksosesta, ja kuinka kunnossapidon henkilökunta voi käyttää lisättyä todellisuutta päästäkseen koneiden tietoon käsiksi (Konecranes 2019).

5.4 Sleipner- kaivinkoneen digitaalinen kaksonen tuotekoulutuksiin

Sleipner-kaivinkoneen digitaalisen kaksosen on Sleipnerille toteuttanut simulointiohjelmaa toteuttava Mevea. Sleipner on telapohjaisten kaivinkoneiden siirtojärjestelmien valmistaja. Sleipnerillä on maailmanlaajuinen yhteistyöverkosto ja asiakkaita yli 50:stä maasta kuudella mantereella (Sleipner, 2019). Sleipner Finland markkinoi ja myy tuotteitaan ympäri maailmaa jälleenmyyjien kautta. Yritys on panostanut voimakkaasti jälkimarkkinointiin kehittämällä digitaalista alustaa eli portaalia, joka tuo asiakkaalle kaikki jälkimarkkinoinnin palvelut yhteen käyttöliittymään. Sleipner hyödyntää tuotteensa digitaalista kaksosta osana digitaalisia jälkimarkkinoinnin palvelujaan. (Sleipner, 2019.) Mevea Oy on simulointiohjelmaa ja -tuotteita tarjoava suomalainen yritys. Päätuotteina ovat koulutus- ja tuotekehityssimulaattorit. Mevean asiakkaina on merkittäviä konevalmistajia, kotimaisista esimerkiksi Mantsinen, Nor-met, Raute ja Sandvik, ulkomaisista esimerkiksi JCB, Liebherr ja Siemens. Konevalmistajat hakevat automaatiosta kilpailuetua, jonka ansiosta Mevean teknologia kiinnostaa. (Business Finland 2019.)

Lukin kuvailee perinteiseksi tavaksi kehittää työkone melko valmiin prototyypin valmistamisen, johon ohjelmistokehittäjien osuus tulee viime vaiheissa. Mevealla simulointijärjestelmässä yhdistetään tuotetietoja eri ympäristöistä; muun muassa mekaniikkaa, elektroniikkaa, hydraulikkaa, ohjausjärjestelmiä ja antureita. Tästä syntyy koneen virtuaalinen kaksonen, ”digital twin”. Järjestelmässä ohjelmistojen kehittäjät pääsevät mukaan suunnittelutyöhön heti alussa. Lukin kuvailee lopputulosta paremmaksi ja koneiden eri osien pelaavan saumattomammin yhteen. (Lukin, 2019.)

Lukin kertoo jälkimarkkinoinnin tehtäväksi esimerkiksi käyttäjien ja jälleenmyyjien kouluttamisen sekä heidän tietotaitonsa varmistamisen ja ylläpitämisen, jotta loppuasiakkaalle tulee tuotteesta kaikki hyöty ja sitä osataan käyttää turvallisesti. Sleipnerillä on suunnitelmissa tuotekoulutuksen tekeminen jatkossa digitaalisella kaksosella eli simulaatiomallilla, joka on kehitetty Etteplanin ja Mevea Oy:n yhteistyössä. (Lukin 2019.) Lukin kuvailee digitaalisen kaksosen mallissa simuloitavan kaivinkoneen kuljettamista Sleipnerin siirtojärjestelmällä, jossa sekä kaivinkone että siirtojärjestelmä vastaavat toiminnallisilta ominaisuuksiltaan ja suorituskyvyltään täysin fyysisien laitteiden ominaisuuksia. Kaivinkoneen luonnollinen ympäristö on myös mallinnettu, mikä tekee käyttökokemuksesta todenmukaisen. (Lukin 2019.)

Digitaalisen kaksosen komponentit:

- malli simuloi kaivinkoneen kuljettamista Sleipnerin siirtojärjestelmällä
- kaivinkoneen luonnollinen ympäristö myös mallinnettu

Digitaalisen kaksosen hyötyjä:

- Noin 80% tuotekoulutuksista voidaan tehdä digitaalisella kaksosella
- Digitaalinen kaksonen laskee merkittävästi logistiikka- ja koulutuskuluja ja nopeuttaa laitteen käyttöönottoa.
- Tärkein hyöty on laitteen käyttöasteen paraneminen, koska sitä ei enää tarvitse irrottaa kentältä koulutustarpeisiin. (Etteplan 2019.)

Sleipner Finlandilla on suunnitelmissa tulevaisuudessa hyödyntää digitaalista kaksosta myös tuotekehityksessä. Digitaalinen kaksonen voi olla jossain vaiheessa myös osa Sleipnerin tuote- ja palvelutarjoamaa, jolloin tuotetoimituksen kyljessä lähtee asiakkaalle tuotteesta digitaalinen kaksonen, jota Sleipner ylläpitää. (Etteplan 2019.)

5.5 Suomen kansallismuseon digitaalinen kaksonen olosuhdetietojen visualisoijana

Suomen kansallismuseon digitaalisen kaksosen on toteuttanut rakennus- ja kiinteistöalan asiantuntijakonserni Granlund. Kansallismuseo esittelee Suomen historiaa kivikaudelta nykypäivään esinekulttuurin avulla. Kansallismuseo on osa opetus- ja kulttuuriministeriön alaista Museovirastoa. Granlund on rakennus- ja kiinteistöalan asiantuntijakonserni, joka panostaa vahvasti innovaatio- ja kehitystoimintaan. Tavoitteena on edistää ihmisten hyvinvointia rakennetussa ympäristössä. Granlundin asiantuntemusalueita ovat talotekniikkasuunnittelu, kiinteistö-, energia- ja ympäristökonsultointi, ohjelmistot sekä kor-

jausrakentaminen. (Granlund 2019.) Valitsin case-esimerkiksi kiinteistöihin liittyvän digitaalisen kaksosen Suomen kansallismuseosta. Tässä luvussa esitellään myös kiinteistöjen digitaalisen kaksosen teoriaa, koska opinnäytetyöhön tietoa hakiessa selvisi, että kiinteistöjen digitaalisten kaksosten trendit ovat erilaisia kuin tekniikan alan digitaaliset kaksoset.

Järvisen mukaan tieto voidaan kiinteistön ylläpitokäytössä jakaa kahteen kategoriaan, dynaamiseen ja staattiseen tietoon. Tässä staattista tietoa edustavat esimerkiksi tietomallit, joiden tieto ei päivity ilman ihmisen tekemää päivitystyötä. Dynaamiselle tiedolle ovat lähteenä kiinteistön sensorit ja niiden perusteella luotava uusi tieto. Kun yhdistetään nämä kaksi eri tietokategoriaa, voidaan kiinteistöistä alkaa puhua termillä digitaalinen kaksonen, Digital Twin. Jos otetaan mukaan myös 3D-grafiikkaa ja täydennetään sen tietoja esimerkiksi olosuhdetietojen osalta, pystytään rakentamaan visuaalinen alusta kiinteistön tiedolle. Näin ihmiselle voidaan esittää tietoa useista eri lähteistä helpommin ymmärrettävästi. Lisäksi mahdollistetaan tiedon analysointi ja ennustettavuus koneoppimisen kautta, jos olosuhdetietoa saadaan riittävästi ja häiriöttömästi ympäri vuoden. Vaikka digitaalinen kaksonen pyrkii esittämään todellista kiinteistöä mahdollisimman hyvin, eivät ne välttämättä ole geometrian tarkkuustasolla toisiaan vastaavia - digitaalisen kaksosen sisällön määrää käyttötapaukset. Ei ole kannattavaa panostaa asioihin, joille ei ole käyttöä tulevissa peruskorjauksissa tai ylläpidon käytössä. Näin digitaalista kaksosta voidaan käytötarkoituksiltaan sijoittaa jonnekin tiedon tuottamisen ja tiedolla johtamisen välimaastoon – työkaluksi päätöksentekoa varten. Huollolle Järvisen mukaan etuna kiinteistön digitaalisesta kaksosesta on mahdollisuus nähdä mistä palvelupyynnöt tai olosuhdepoikkeamat pääsääntöisesti tulevat ja näin tulevat parannustoimenpiteet voidaan raportoida selkeästi. Sovellus voi käyttää osan tiedosta uuden tiedon luomiseen esimerkiksi oman sensoritiedon avulla. Uutta tietoa voi luoda esimerkiksi lämpötila- hiilidioksiditasojen ja koneoppimisen avulla laskemalla tilan käyttäjämäärän, jolloin digitaalisessa kaksosessa tiedon määrä lisääntyy sillä, mitä enemmän sovelluksia käyttää sen tietoa hyväksi. (Järvinen, Granlund 2018, 15-17.)

Järvinen kuvailee Granlundin tahtotilaksi halun hyödyntää tietomalleja kiinteistön elinkaaren kaikissa vaiheissa. Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa luodaan staattiset IFC-tietomallit, mutta niistä ei ole ylläpidon työkaluksi. API-rajapintojen avulla Granlund Manager välittää tietoa pilvipalvelun, tietomallien ja rakennuksen sensorien välillä. (Järvinen, Granlund 2018, 15-17.) Kansallismuseon osalta Granlund Manager visualisoi pilotissa olosuhdetietoja kustannustehokkaasti. Mahdollisesti seuraavalla tasolla pystytään ohjaamaan samalla käyttöliittymällä myös kiinteistön rakennusautomaatiota. Voi olla, että virtuaalinen kiinteistö on tulevaisuudessa ainoa kiinteistön tarvitsema järjestelmä. (Järvinen, Granlund 2018, 15-17.)

Digitaalisen kaksosen komponentit:

- 50 olosuhdeanturia
- ilmankosteus ja lämpötilaseuranta
- reaaliaikainen tieto
- kommunikointikanava tilojen käyttäjän, tilojen omistajan ja palvelutoimittajien välillä
- käyttöliittymä esittää kerätyn tiedon visuaalisesti niin että sitä on helppo tulkita
- kalenterinäköymä historiatiedoista
- 3d-näkymä pohjakartasta jossa voidaan navigoida
- tilakohtaiset palvelupyynnöt (Granlund 2019.)

Kiinteistön digitaalisen kaksosen hyödyistä voimme ylläolevasta casesta tunnistaa seuraavia:

1. Kiinteistön tietojen helppo saatavuus
2. Tulevaisuudessa mahdollisuus ohjata samalla käyttöliittymällä kiinteistön rakennusautomaatiota

6 DIGITAALISTEN KAKSOSTEN MAHDOLLISUUDET PK-YRITYKSILLE

Digitaalisten kaksosten mahdollisuuksia pk-yrityksille tarkastellaan yritysten kehitystarpeiden ja digitaalisen kaksosen mahdollisuuksien pohjalta. Kehitystarpeita tarkastellaan henkilöstön osaamisen, ohjelmistojen, konekannan ja tuotantosolujen sekä uusiin hankkeisiin budjetoinnin osalta.

6.1 Mahdollisuudet

Tässä kappaleessa tutkitaan digitaalisen kaksosen mahdollisuuksia pk-yrityksille sekä case-esimerkeistä koottujen hyötyjen kautta, että tarkastelemalla digitaalista kaksosta Lean-työkaluna. Digitaalista kaksosta voidaan käyttää hyvin laaja-alaisesti yrityksen kaikkien toimintojen läpi, ja siksi tarve käytettävyydeltään hyvälle digitaalisen kaksosen sovellukselle on huomattava.

Nortio painottaa digitaalisten kaksosten suunnittelussa sitä, että digitaalisia kaksosia voi hyödyntää muutkin kuin siihen koulutautuneet insinöörit. Digitaalisia kaksosia voi hyödyntää esimerkiksi myynnissä, markkinoinnissa ja laitteiden kuljettajien arjessa, kunhan käyttöliittymä on suunniteltu heitä palveleviksi ja vaikkapa tablettitietokoneella käytettäväksi. (Nortio 2019, 10.)

TAULUKKO 2. Digitaalisten kaksosten case-esimerkkien koottuja hyötyjä

Myynti	Johtaminen	Tuotekehitys	Valmistaminen	Asiakaspalvelu	Tekninen tuki	Koulutus	Kiinteistöhuolto ja kunnossapito
Tieto oikeasta käytöstä loppuasiakkaalla	Oikealla tiedolla johtaminen	Tieto käyttötarpeesta loppuasiakkaalla	Prosessien ohjauksen optimointi	Käyttökokemustietoa kentältä	Yhteys fyysiseen tuotteen etänä	Opetusmateriaalien luontien oikeiden tilanteiden datan pohjalta	Pääsy kiinteistön ja laitteiden tietoon helposti

(jatkuu)

Tietoa so- pivimman tuotteen valintaan asiak- kaalle	Tietoa helposti ymmärret- tävässä ja tulkitta- vassa muodossa	Koneiden osien sau- matto- mampi yhteenso- vittami- nen	Tuotanto- resurssien virtuali- sointi	Päätöksen teon tuki loppuasi- akkaalle oikealla tiedolla	Tietoa kentältä tuotteiden käytöstä	Koulutus- kulujen laskemi- nen simu- laatioilla	Tiedon analy- sointi ja ennusta- minen ko- neoppimi- sen avulla
Digitaali- nen kak- sonen osana tuo- tevalikoi- maa myy- tävänä tuotteena	Jatkuvan kehittämi- sen mah- dollista- minen lä- hes reaa- lijassa	Pitkän ajan suori- tuskyvyn ennusta- minen	Tuotan- non ra- porttien ymmärret- tävyys	Uusien käyttötar- koitusten löytämi- nen tuot- teelle	Tiedon koostami- nen visu- aalisesti helppoon muotoon	Laitteiden käyttöas- teen para- neminen, kun niitä ei tarvitse koulutuk- seen	Parannus- toimenpi- teiden teko tieto- määrästä
Tuotteen esittely virtuaali- sesti digi- taalisen kaksosen avulla	Koneop- piminen päättök- senteon tueksi suuren tie- tomäärän hallintaan	Simulaati- oiden ja mallien päivittä- minen re- aalimaail- man da- talla	Tuotan- non da- tasta lisää tietoa te- koälyllä analysoi- malla	Faktoja kentältä keskuste- lun tueksi asiakkaan kanssa	Tuotteen elinkaari- tiedon saaminen	Tuotekou- lutus jäl- leenmyy- jille ja loppu- asiak- kaalle etänä	Uuden tie- don tuot- taminen tietoja yh- distele- mällä
Myyntita- pahtuman mahdolli- nen virtu- aalisuus etenkin isompien tuotteiden kohdalla	Henkilös- tötoimin- tojen kes- kittämi- nen kun digitaali- nen kak- sonen tuo- laitetiedon	Kapasi- teetin ar- viointi		Tuottei- den ja pal- veluiden ominai- suuksien kehittämi- nen myös loppuasi- akkaalle	Huomi- oita ja hä- lytyksiä asiak- kaalle tuotteesta		Elinkaari- hallinta

TAULUKKO 2. (jatkuu)

	ympäri maailmaa			lähetyksen jälkeen			
Mittati- laustuot- teisiin tu- tustumi- nen suun- nitteluvai- heessa di- gitaalisen kaksosen avulla				Parhaan käyttöta- van neu- vominen	Ongel- mien diag- nosointi ja paikanta- minen		Huolto- katkojen mini- mointi
Tuotteen ”sovitta- minen” AR-tek- nologian avulla					Enna- koiva huolto niin ettei tuotanto- katkoksia synny		

Ylläolevassa taulukossa 2 on koottuja hyötyjä ja myös pohdintaa mahdollisista hyödyistä, joita digitaalinen kaksonen voi yrityksille tuoda. Digitaalisen kaksosen hyödyt kulkevat parhaimmillaan läpi yrityksen toiminnan.

Käsitlemme myös digitaalista kaksosta Leanin näkökulmasta. Lean on ”doing more with less” tuotannon periaatteita ja menetelmiä, jotka levisivät Toyotalta toimiviksi todettuina muuallekin kuin autovalmistukseen. Leanin filosofiaan kuuluu hukan poistaminen, arvon kehittäminen asiakkaalle ja jatkuva parantaminen. Täten kun digitaalista kaksosta tutkitaan Leanin työkaluna, ryhdymme tarkastelemaan miten digitaalisen kaksosen käyttöönotto voi poistaa eri hukan muotoja, kehittää arvoa asiakkaalle ja osallistua jatkuvaan parantamiseen.

Leanissa asiakasarvon tuottaminen tulisi olla kaikkien prosessien päätavoite. Tehtäviä tulisi tarkastella asiakasnäkökulmasta. Työ voi siten olla arvoa lisäävää (VA), arvoa lisäämätöntä mutta välttämätöntä

(NVA) ja arvoa lisäämätöntä mutta tarpeellista (NNVA). Digitaalisella kaksoella voidaan vähentää arvoa lisäämättömän mutta välttämättömän työn tekemistä yrityksissä, koska digitaalinen kaksonen mahdollistaa fyysisen tuotteen etähallintaa ja testausta sekä tiedon keräämistä pitkällä aikavälillä kenttäolosuhteista. Mielenkiintoista digitaalisen kaksonen hyödyntämisessä asiakasarvon lisäämisessä on myös se, että digitaalinen kaksonen voi kulkea läpi tuotteen elinkaaren myös osana tuotetta loppuasiakkaalle. Täten digitaalisen kaksonen rakentaminen voi olla jo itsessään arvokas asiakkaalle.

Tuotannon hukat ovat seuraavia: ylituotanto, odottaminen, kuljettaminen, prosessointi, varastointi, liike, virheet ja luovuus. Tuotannon hukkaa tarkastellessa voidaan huomata, että digitaalisen kaksonen käyttöönotto vähentäisi ensinäkemältä ainakin odottamista, kuljettamista, varastointia ja liikettä koska digitaalinen kaksonen mahdollistaa etäkäyttöönottokoulutusta, testaamista ja asiantuntijakonsultointia.

Oikeat asiat oikein: 1. mikä on oleellista, 2. miten hallinnoin vaihtelua. Digitaalisella kaksoella voidaan hallinnoida vaihtelua koska sillä voidaan saada kohteesta reaaliaikaista tietoa ja reagoida siihen jopa automatisoidusti (esimerkiksi kiinteistön hallinta).

Leanissa edetään seuraavasti: PPT: people (ihmiset), processes (prosessit), tools (työkalut). Tämä tarkoittaa sitä, että siirryttäessä kohti Lean-organisaatiota edetään ihmisten vaikuttamisesta prosesseihin ja lopulta välineisiin. Leanin toteuttaminen vaatii ihmisten mukana olon, jotta kaksi viimeisintä voidaan myös muuttaa. Tätä etenemissuuntaa tarkastellessa digitaalinen kaksonen Leanin työkaluna tulisi vasta siinä vaiheessa käyttöön, kun henkilökunta on osallistutettu ja prosessit ovat kehitetty. Digitaalinen kaksonen on nimenomaan hyvin konkreettinen työkalu, jonka käyttöönotto vaatii yritykseltä tiettyä kehitystasetta myös Leanin osalta.

Digitaalinen kaksonen Leanin työkaluna vaatii yritykseltä erittäin hyvää lähtötasoa sekä Leanin omaksumisessa että teollisuus 4.0:an kehitystasossa, mutta se tarjoaa myös erittäin hyviä mahdollisuuksia, kun puitteet ovat kunnossa. Uskon, että digitaalinen kaksonen on tulevaisuudessa olennainen osa Leanin työkaluissa, kun huomioimme mm. liikkeen hukan pienenemisen. Leanin avulla on hyvä myös perustella digitaalisten kaksosten kehittämisprojekteja yrityksissä. Lean on kuitenkin käsitteenä laajemmalle levinnyt, ja monitahoisuudestaan huolimatta helpommin ymmärrettävä kuin digitaalinen kaksonen.

6.2 Miten lisätä valmiutta hyödyntää tulevia sovelluksia digitaalisista kaksosista

Tämän luvun alaluvuissa katsotaan valmiuksien lisäämistä henkilöstön osaamisen, ohjelmistojen, konekannan ja tuotantosolujen sekä budjetoinnin osalta. Digitalisaatioon mukaan lähdettäessä on hyvä harvita, mitä hyötyjä muutoksilla voidaan saavuttaa pk-yrityksissä. Digitalisaatio ei saisi olla itseisarvo, vaan lähtökohtana on relevantin datan löytäminen, uuden tiedon luominen esimerkiksi tekoälyllä, tiedon prosessointi ja tiedon saattaminen päätösten tueksi. Digitalisaatiolla on monenlaisia kehitysasteita yrityksissä, joilla voi olla vaikutusta kilpailukykyyn ja tuottavuuteen. Johtavat yritykset pyrkivät luomaan virtuaalisen ympäristön, joka mahdollistaa heille kestäviä innovaatioita. Ollakseen tai tullakseen johtajaksi aloillaan yritysten täytyy määritellä, käyttöönottaa ja hyödyntää parhaita käytäntöjä virtuaalisessa suunnittelussa – näin voidaan tukea mahdollista pyrkimystä innovaatiojohtajuuteen. Kehityksen kärjen saavuttamisen mahdollistaa mm. seuraavat: järjestelmien mallinnus ja simulaatio, yrityksen digitalisaatio, teollinen asioiden internet ja teollisuus 4.0, Big data ja esineiden internet sekä digitaalinen kaksonen. (CIMdata 2019, 4.)

Eerola kuvailee tekniikan kehitystä jatkuvaksi ja sen mahdollistavan uusia menetelmiä ja ominaisuuksia tuotantoon ja tuotteisiin. Eerolan haastatteluissa on selvinnyt, että yritykset tarvitsevat selkeitä esimerkkejä ja malleja mahdollisuuksista toiminnan kehittämiseksi, tehostamisessa ja uuden liiketoiminnan luomisessa, koska yritysten on hankala pysyä mukana kehityksen seuraamisessa. Haasteeksi tulee se että teolliseen internettiin ei ole valmista kokonaisratkaisua, vaan ratkaisut on räätälöitävä yrityskohtaisesti. Suurin este on uskallus yrityksissä ottaa käyttöön uutta tekniikkaa ja käytäntöjä. (Eerola 2016, 43.)

6.2.1 Henkilöstön osaaminen

Kuten case-esimerkeissä huomasimme, ei digitaalisen kaksosen hyödyntäminen välttämättä vaadi kaikkea aiheeseen liittyvää osaamista nykyiseltä henkilöstöltä, koska digitaalinen kaksonen voidaan myös toteuttaa kumppanin tai kumppanien avulla. Alla olevassa lähteessä huomautetaan, että digitalisaatiossa ei kannata edetä teknologialla, vaan aloittaa henkilöstöstä ja prosesseista, jolloin teknologia palvelee yrityksen tavoitteita ja prosessivaatimuksia. Myös opinnäytetyön case-esimerkeissä itse digitaalisen kaksosen toteutukset olivat usein suunniteltu vastaamaan loppukäyttäjän osaamista.

Yritysten ja yhteisöjen pitää tähdätä pois ajattelussa, jossa teknologia tulee ensimmäisenä ja ihmiset ovat vasta myöhemmin tarkastelun kohteena. Meidän täytyy kääntää tämä järjestys ja aloittaa ihmisistä ja

organisaatioista, jatkaen prosesseihin ja teknologiaan. Työkalut tulevat perässä automaattisesti perustuen yrityksen tavoitteisiin ja prosessien vaatimuksiin ja määrittävät kahden ensimmäisen kategorian perusteella. Organisaatio, joka ei ole valmis, ei pysty toteuttamaan, vaikka heillä olisi kaikki tarvittava teknologia ja työkalut käytettävissään. (CIMdata 2019, 15.)

Eerolan opinnäytetyössä pk-yritysten digitalisaatiosta tuotiin esille huomio muutosvastarinnasta. Koulutuksiin ja asenteisiin vaikuttaminen nähtiin yrityksissä tärkeänä. Yritykset kokivat koulutuksen tärkeäksi myös siinä, että saadaan työntekijöitä, joilla on osaamista toteuttaa teollisen internetin ratkaisuja työssä. Myös suunnitteluohjelmistojen käyttöön kaivattiin lisää koulutusta, koska perustoimintojen hallinnan lisäksi tarvitaan osaamista hyödyntää monipuolisempia ohjelmia täysipainoisesti. (Eerola 2016, 46.)

Edellä mainitut haasteet voidaan osittain myös huomioida rakentamalla digitaalisen kaksosen käyttöliittymä käyttäjäystävälliseen muotoon. On mahdollista, että osaamisen puute ja sen hankkimisen kalleus hidastaa digitaalisen kaksosen ja teollisen internetin muiden sovellusten käyttöönottoa pk-yrityksissä. Eerolan mukaan teollisen internetin hyödyntäminen edellyttää verkostoja. Joillakin yrityksellä verkostoja on, mutta osalla ei ollenkaan. Erityisosaamista voi hankkia yhteistyökumppanuuksilla, koska alan osaajia on rajoitetusti. Asiantuntijan palkkaaminen ei ole aina mahdollista eikä kannattavaa. Eerola painottaa alakohtaista osaamista sekä osaamisen yhdistämistä toimialalta ja analytiikasta. (Eerola, 2016, 57.)

Huomioitavaa on, että onnistuneen käyttöönoton jälkeen digitaalinen kaksosen parhaimmillaan lisää yrityksen henkilöstöresurssia mahdollistaessaan asiantuntijaresurssin etäkäytön. Digitaalisen kaksosen avulla asiantuntija voi olla esimerkiksi toisella puolella maailmaa ja saada täyden tiedon esimerkiksi laitteen digitaalisesta kaksosesta, jonka perusteella hän voi neuvoa etänä tai jopa suorittaa toimenpiteitä. Myös etämonitorointi ja virtuaalinen käyttöönotto voivat tuoda hyötyä, kun valvomo tai käyttöönotto-keskus voi sijaita missä vain keskitetysti ja saada tietoa ympäri maailmaa.

6.2.2 Ohjelmistot

Ohjelmistonäkökulmasta digitaalisen kaksosen hyödyntämiselle ei ole yhtä ratkaisua, vaan toteutus riippuu siitä, millainen ja minkä tason digitaalinen kaksosen toteutetaan. Kun tarkastellaan tulevaa, voidaan

teknologian näkökulmasta huomata seuraavaa: luodaan tehokasta infrastruktuuria, joka tukee reaaliaikaista tai lähelle reaaliaikaista digitaalisen kaksosen toimintaa, hyödynnetään täysipainoisesti lisättyä todellisuutta – visuaalisesti esitetään virtuaalinen reaali maailmassa korostaen merkityksellisiä eroavaisuuksia päätöksenteon tukemiseksi prosesseissa. Poistutaan reaali maailman kohteesta virtuaaliseen todellisuuteen, kun halutaan etsiä innovatiivisia ideoita – todennäköisiä mahdollisuuksia. (CIMdata 2019, 15.)

6.2.3 Konekanta ja tuotantosolut

Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen tuotantovälineistössä edellyttää antureita, jotka välittävät tietoa digitaaliseen kaksoseen. Alla on taulukko, johon on koottu kappaleen 5 Case-esimerkkien tietoa teknisestä toteutuksesta.

TAULUKKO 3. Digitaalisten kaksosten case-esimerkkien teknisiä toteutuksia

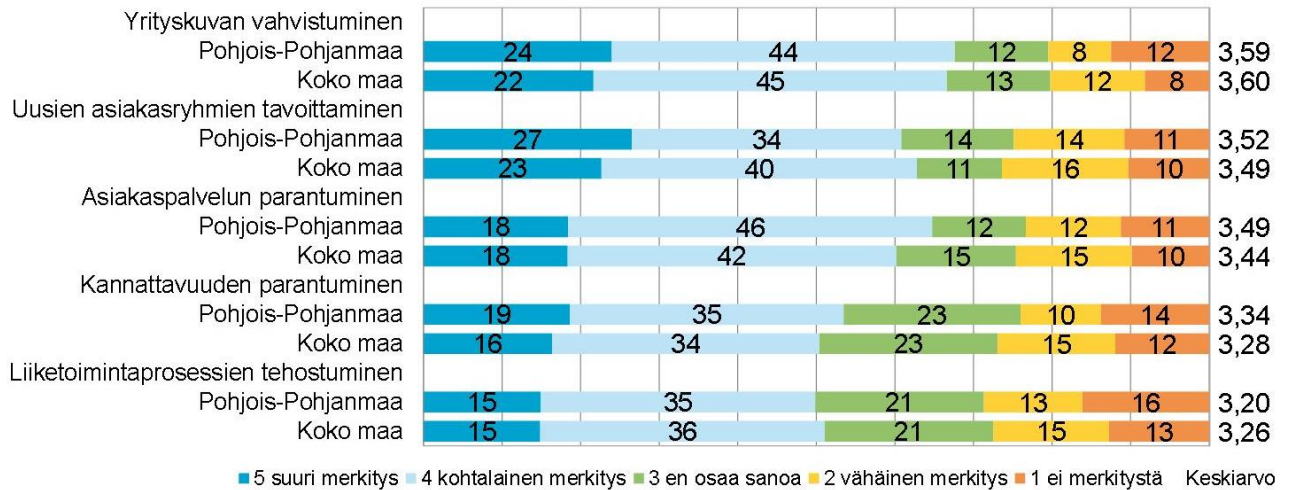
Case	Framery-puhelinkoppi	Kalasadaman digitaaliset kaksoset	Ilmatar nos-turi	Sleipner kaivinkone	Suomen kansallismuseon digitaalinen kaksonen
Tiedonkeräys	lämpötila, valaistus, ilmanlaatu, käyttäjän asentotiedot, käyttöaste. käyttöaika, eletunistus, ihmisvirtaukset oven lähellä	semanttinen malli kolmioverkko-malli	sensorit	kaivinkoneen malli kaivinkoneen luonnollisen ympäristön malli	50 olosuhdeanturia, ilmankosteus ja lämpötilaseuranta, kalenterinäköhistoriatiedoista, 3d-näkö pohjakartasta jossa voidaan navigoida
Reaaliaikainen tiedonkeräys	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä

Taulukosta 3 näemme, että digitaalisella kaksosella voidaan sekä kerätä monenlaista tietoa että myös rakentaa digitaalinen kaksonen eri tietojen varaan.

6.2.4 Budjetointi uusiin hankkeisiin

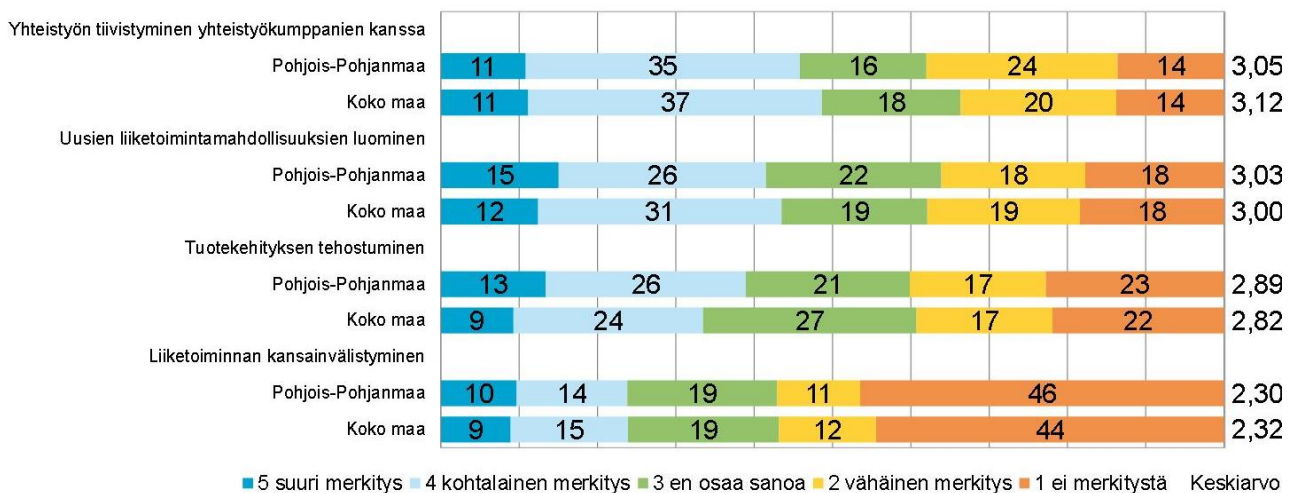
Eerolan opinnäytetyössä haastatteluissa selvisi budjetti yhtenä suurimmista haasteista pk-yritysten digitalisoitumisessa. Uusia menetelmiä ja niiden soveltamista ei tehdä, ellei olla varmoja saatavasta hyödyistä. Yrityksillä ei ole varaa virheellisiin investointeihin, joten investointia ei tehdä ilman selvää ansaintalogiikkaa. Kaupallisten toimijoiden ratkaisujen hinta ja toimivuus epäilytti ja niiden mittakaavaa pidettiin haasteellisena. (Eerola 2016, 42-43.) Opinnäytetyön case-esimerkkeihin perehdyttäessä huomattiin, että digitaalista kaksosta on toteutettu myös hankkeiden puitteissa, jolloin niiden vaatimat budjetit on mahdollisesti katettu hankerahoituksella.

Pk-yritysten pohtiessa digitaalisen kaksosen ja digitalisaation mahdollisuuksia kannattaa myös selvittää meneillään olevat ja tulevat hankerahoitukset. Esimerkiksi opinnäytetyön tilaaja TRINITY-hanke on yksi mahdollinen rahoituksen lähde. Alla olevissa kuvioissa on yritysten omia arvioita Yritysbarometristä siitä, mitä mahdollisuuksia digitalisoitumisessa nähdään. Yritykset näkevät mahdollisuudet moninaisesti ja jos digitaalisen kaksosen voidaan osoittaa hyötyjä näillä alueilla, mahdollisesti se voi tukea budjetoinnin päätöksiä.



KUVIO 6. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten arviointia liiketoiminnan digitalisoitumisesta syntyvien mahdollisuuksien merkityksistä yritykselle, %. (Pk-yritysbarometri 2019, 18.)

Kuviossa 6 Pohjois-Pohjanmaan pk-yritykset arvioivat digitalisoitumisen tuovan mahdollisuuksia etenkin uusien asiakasryhmien tavoittamiseen ja yrityskuvan vahvistumiseen. Myös kannattavuuden nähdään parantuvan.



KUVIO 7. Pohjois-Pohjanmaan pk-yritysten arviointia liiketoiminnan digitalisoitumisesta syntyvien mahdollisuuksien merkityksistä yritykselle osa 2, %. (Pk-yritysbarometri 2019, 19.)

Kuviossa 7 Pohjois-Pohjanmaan pk-yritykset arvioivat digitalisoitumisen etenkin tuovan uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja tehostavan tuotekehitystä.

7 POHDINTA

Tällä hetkellä digitaalinen kaksonen on terminä trendikäs, mutta sen käytännön hyödyntäminen ei ole vielä yleistä. Digitaalisen kaksosen tulevaisuuden kannalta ensimmäinen olennainen askel on standardoitu määritelmä digitaaliselle kaksoselle, jolloin digitaalisesta kaksosesta puhuttaessa tarkoitetaan innovaatiota joka tuo lisäarvoa perinteisten digitaalisten mallien lisäksi. Digitaalisen kaksosen tulevilla määritelmällä voi olla eroavaisuuksia eri aloilla, koska tarpeet ja käyttötarkoitus saattavat osoittaa erilaisia ominaispiirteitä. Tällöin esimerkiksi kiinteistöjen ja koneiden digitaalisten kaksosten määritelmät ja toteutus saattavat tulevaisuudessa erota toisistaan.

Digitaalisen kaksosen mahdollisuudet pk-yrityksille riippuvat yritysten tarpeista ja resursseista. Tässä vaiheessa henkilöstön osaaminen, ohjelmistot yrityksissä, konekanta ja muu tuotantovälineistö sekä rahalliset resurssit ovat enimmäkseen sillä tasolla, että pk-yritysten itsenäinen digitaalisten kaksosten hyödyntäminen laajemmin on melko epätodennäköistä. Jos nyt haluaa hyödyntää digitaalista kaksosta, kannattaa hyödyntää käynnissä olevia hankkeita resurssien ja tietotaidon saamiseksi.

Pk-yritysten tulevaisuus digitaalisen kaksosen parissa edellyttää jo nyt hankintojen ja henkilöstön kouluttamisen osalta sen huomioimista, miten resurssit sopivat digitaalisen kaksosen hyödyntämiseen tulevaisuudessa. Monet laitetoimittajat valmistavat jo nyt digitaalisten kaksosten käyttöönottoon sopivia ratkaisuja. On helpompaa hankkia nyt valmiutta tulevaan kuin kerralla uusia laitekantaa.

Opinnäytetyöprosessin osalta uusi aihe on ollut mielenkiintoinen mutta haastava. Tämän opinnäytetyöntekijällä ei ollut entuudestaan vahvaa tietämystä robotiikasta tai teollisesta internetistä. Opinnäytetyöprosessi on tiedonhaun harjoittelusta ja alan peruskäsitteisiin tutustumista myöten ollut tarpeellista oppia tekijälleen. Prosessin aikana on syntynyt käsitystä alasta ja myös omia ajatuksia digitaalisen kaksosen tilasta. Opinnäytetyössä alun perin oli ollut tavoitteena löytää konkreettisia, toistettavissa olevia esimerkkejä digitaalisen kaksosen hyödyntämisestä pk-yrityksissä, mutta valmiuksia selvitellessä huomattiin, että paljon pitää tapahtua ennen kuin digitaalinen kaksonen voidaan hyödyntää pk-yrityksissä helposti ja toimivasti.

Opinnäytetyössä parannettavaa on riittävän monipuolisen tiedon hankinta ja lähteiden käytön tekniikka. Opinnäytetyötä varten kävin ohjauksessa, mutta kaikkia saamiani vinkkejä ei työssä hyödynnetty. Opin-

näytetyö oli teoriansa puolesta minulle uutta asiaa. Olin kirjoittanut aiemmin tekstejä esimerkiksi paikallislehteen, mutta tieteellinen kirjoittaminen ei ollut minulle ennestään tuttua ja siten opinnäytetyön yksi suuri anti oli tieteellisen kirjoittamisen hiominen.

Centria ammattikorkeakouluna voi panostaa digitaalisiin kaksosiin tarjoamalla opiskelijoilleen mahdollisuuksia Teollisuus 4.0:aan ja digitaalisiin kaksosiin liittyvän hanketoiminnan puitteissa. Aiheeseen liittyvä koulutus olisi hyvä lisä muillekin kuin teknisten alojen opiskelijoille, sillä esimerkiksi talouden, hallinnon sekä myös muiden alojen tulevaisuus voi sisältää jossain määrin digitaaliseen kaksoseen liittyviä projekteja, hankintoja ja päivittäistä työtä.

LÄHTEET

- Autiosalo, J. 2019. DigiTwin project demo: current state & next steps. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/en/industrial-internet-campus/digitwin-demo-day-1812019> Viitattu: 1.12.2019
- Bell, C. 2016. MySQL for the Internet of Things. New York: Springer Science+Business Media.
- Business Finland. 2019. Horisontti 2020. Saatavilla: <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/horisontti-2020/lyhyesti/> Viitattu 20.10.2019
- Centria. 2019a. TKI. Saatavilla: <https://tki.centria.fi/> Viitattu: 05.11.2019.
- Centria. 2019b. Vuosikertomus 2018. Saatavilla: https://web.centria.fi/Data/content/Isot%20tiedostot/centria_vuosikertomus_2018.pdf Viitattu: 05.11.2019.
- Centria. 2019c. Organisaatio. Saatavilla: <https://web.centria.fi/esittely/organisaatio> Viitattu: 05.11.2019.
- CIMdata. 2019. CIMdata DT ebook. Saatavilla: <https://mevea.com/resources/ebooks/> Viitattu: 20.11.2019
- Collin, J. & Saarelainen, A. 2016, Teollinen internet. Liettua: Talentum Media Oy.
- Eerola, A. 2016. Digitalisoitumisen ja teollisen internetin hyödyntäminen liiketoiminnassa: Ylivieskan seutukunnan alueen metalli- ja konepaja-alan yritysten näkökulma. Saatavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113585/Eerola_Asko.pdf?sequence=1&isAllowed=y Viitattu: 20.10.2019
- Etteplan. 2019. Digitaalinen kaksonen luo Sleipnerille kilpailuetua. Saatavilla: <https://www.etteplan.com/fi/referenssit/digitaalinen-kaksonen-luo-sleipnerille-kilpailuetua> Viitattu: 5.11.2019
- Framery. 2019. Yritys. Saatavilla: <https://www.frameryacoustics.com/fi/yritys/> Viitattu: 20.10.2019
- Granolund. 2019. Digitaalinen kaksonen luo Sleipnerille kilpailuetua. Saatavilla: <https://www.granolund.fi/granolund/meista/> Viitattu: 17.11.2019.
- Greengard, S. 2015. The internet of things. Cambridge: The MIT Press.
- Helsinki. 2019. Kalasatama. Saatavilla: <https://www.uuttahelsinki.fi/fi/kalasatama> Viitattu: 20.11.2019.
- Jalovaara, T. 2019. Digitaalisen kaksonen hyödyntäminen tuoteprosessissa. Saatavilla: <https://lut-pub.lut.fi/handle/10024/159048> Viitattu: 15.10.2019
- Järvinen, T. & Granlund. 2018. Virtuaalinen kiinteistö. Automaatioväylä 04. 15-17
- Kira-Digi. 2019. Kalasataman digitaaliset kaksoset KIRA-digi-kokeiluhankkeen loppuraportti. Saatavilla: <http://www.kiradigi.fi/kokeiluhankkeet/kokeiluhankkeet/kalasataman-digitaaliset-kaksoset.html> Viitattu: 20.10.2019

- Konecranes. 2019. Saatavilla: <https://www.konecranes.com/resources/how-digital-twins-are-transforming-business> Viitattu: 20.10.2019.
- Lehto, M. & Peltoranta, V. IoT driven Engineering. 2019. Saatavilla: <https://www.aalto.fi/en/industrial-internet-campus/digitwin-demo-day-1812019> Viitattu: 21.11.2019.
- Lukin, E. 2019. Mevea hakee liikevaihdon kasvua viennistä ja panostuksesta ohjelmistoliiketoimintaan. Saatavilla: <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/caset/2019/mevea-hakee-liikevaihdon-kasvua-viennista-ja-panostuksesta-ohjelmistoliiketoimintaan/> Viitattu: 19.10.2019
- Merilehto, A. 2018. Tekoäly: Matkaopas johtajalle. Liettua: Alma Talent Oy.
- Nikula, R. 2019. Digitaalinen kaksonen tarvitsee ajantasaista adaptaatiota. Automaatioväylä 04. 14-15.
- Nortio, J. 2019. Digitaalinen kaksonen on täällä tänään. Automaatioväylä 01. 8-11.
- Remion. 2019. Digitaalinen kaksonen tuotekehityksen apuna. Saatavilla: <https://remion.com/2019/01/23/digitaalinen-kaksonen-tuotekehityksen-apuna/> Viitattu: 20.10.2019
- Salo, I. 2014. Big data & pilvipalvelut. Jyväskylä: Docendo.
- Sleipner. 2019. Saatavilla: <https://www.sleipner.fi/about> Viitattu: 20.10.2019.
- Ståhe, R-M. 2019. Tulossa vahva tekoäly. Sähkö & Tele 04. 8-9
- Tammi, K. 2019. Digital Twins – Replacing engineering witchcraft? Saatavilla: <https://www.aalto.fi/en/industrial-internet-campus/digitwin-demo-day-1812019> Viitattu: 21.11.2019.
- Tilastokeskus. 2019. Pienet ja keskisuuret yritykset. Saatavilla: https://www.stat.fi/meta/kas/pienet_ja_keski.html Viitattu: 17.9.2019.
- TRINITY -hanke. 2019a. Trinity-esite suomi. Saatavilla: <https://projects.tuni.fi/uploads/2019/04/2b3127b7-trinity-esite-suomi.pdf> Viitattu: 11.11.2019
- TRINITY -hanke. 2019b. Saatavilla: <https://www.trinityrobotics.eu/about/> Viitattu: 15.10.2019.
- Visual Components. 2019. Digital twins and virtual commissioning. Saatavilla: <https://www.visual-components.com/insights/articles/digital-twins-and-virtual-commissioning-in-industry-4-0/> Viitattu: 21.10.2019.
- Yrittäjät. 2019. Yritysbarometri Pohjois-Pohjanmaa. Saatavilla: <https://www.yrittajat.fi/suomen-yrittajat/tutkimukset/pk-yritysbarometrit/pk-yritysbarometri-12019-alueraportit-602597> Viitattu: 10.11.2019.
- Zhou, H. 2013. The internet of things in the cloud. Boca Raton: CRC Press.