DIGITAALISTEN KAKSOSTEN KÄYTTÖ JOHTAMISESSA JA PÄÄTÖKSENTEOSSA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden diplomityö

Data-analytiikka päätöksenteossa

2025

Henna Raekorpi

Tarkastajat: Professori Juhani Ukko

Tutkijatohtori Mira Holopainen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUTin insinööritieteiden tiedekunta

Tuotantotalous

Henna Raekorpi

Digitaalisten kaksosten käyttö johtamisessa ja päätöksenteossa

Tuotantotalouden diplomityö

2025

96 sivua, 12 kuvaa, 3 taulukkoa ja 1 liite,

Tarkastajat: Professori Juhani Ukko ja tutkijatohtori Mira Holopainen

Avainsanat: Digitaalinen kaksonen, päätöksenteko, johtaminen, strateginen johtaminen, operatiivinen johtaminen, datalähtöinen päätöksenteko

Neljännen teollisen vallankumouksen myötä uudenlaiset konseptit, kuten digitaaliset kaksoset, ovat nousseet mukaan tieteelliseen ja työelämälähtöiseen keskusteluun. Digitaaliset kaksoset, eli fyysisen kappaleen reaaliaikaisesti päivittyvät virtuaaliset kopiot, ovat herättäneet huomiota erityisesti teollisuudessa ja terveydenhuollossa, mutta kirjallisuuden mukaan niiden käyttökohdemahdollisuudet ovat laajat. Kuitenkin kaksosia on tutkittu melko vähän johtamiseen ja päätöksentekoon liittyen, ja tämän työn tavoite onkin liittää digitaaliset kaksoset johtamiskeskusteluun strategisesta sekä operatiivisesta näkökulmasta. Tavoite pyritään saavuttamaan kirjallisuuskatsauksen ja laadullisen tapaustutkimuksen avulla.

Tämän työn tutkimus tehtiin haastatteluina, johon osallistui kuusi yritystoimijaa viidestä päijäthämäläisestä yrityksestä. Haastattelujen perusteella digitaalisia kaksosia käytetään tällä hetkellä erityisesti tuotannollisissa, operatiivisissa tehtävissä, kuten optimoinnissa, testauksessa sekä koulutuksessa. Kaksosten arvoa strategisessa johtamisessa ei ole vielä toistaiseksi tunnistettu käytännön työelämässä, vaikka tieteellisessä kirjallisuudessa aihetta onkin käsitelty. Kuitenkin haastatteluissa sivuttiin usein strategisesti merkittäviä teemoja, kuten asiakasarvoa, kannattavuutta ja edelläkävijyyttä. Niin kirjallisuudessa kuin käytännössäkin tunnistettiin kaksosten tulevaisuuden potentiaali, kuten tiedonsaannin paraneminen, kuten myös niiden edessä olevat haasteetkin, kuten resurssien riittävyys. Tutkimus laajensi siis tieteellistä kirjallisuutta tuomalla mukaan käytännön työelämään liittyviä ominaispiirteitä, kuten aitoja haasteita ja mahdollisuuksia digitaalisten kaksosten käytössä.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Engineering Science

Industrial Engineering and Management

Henna Raekorpi

The use of digital twins in management and decision making

Master's thesis

2025

96 pages, 12 figures, 3 tables and 1 appendix

Examiners: Professor Juhani Ukko and postdoctoral researcher Mira Holopainen

Keywords: Digital twin, decision-making, leadership, management, operative management, strategic management, data-driven decision-making

Due to the fourth industrial revolution new concepts, such as digital twins, have claimed their place in both academic- and business-related discussions. Digital twins, meaning synchronized virtual copies of physical objects, have gained interest especially in manufacturing and healthcare industries, but according to scientific literature, their possibilities are much broader than that. However, twins have rarely been studied in respect of management and decision-making, and this work aims to connect digital twins, strategic, and operative management. The research goal is accomplished by conducting a literature review and a qualitative case study.

This work's material was gathered with interviews that included six people from five companies in Päijät-Häme region of Finland. Based on the interviews conducted, digital twins are used especially in operative industrial assignments, like optimization, testing, and training. Their value has not been yet recognized in strategic management, at least in practice, even though the subject is an occurring theme in scientific literature. However, strategic themes, like customer value, profitability, and company roles as pioneers, occurred often in interviews. Both in literature and practice, the future potential, such as bigger knowledge, and challenges, like scarcity of resources, of digital twins were recognized. Therefore, this study expanded scientific literature by presenting real cases from business world and analyzing their challenges and possibilities concerning digital twins.

KIITOKSET

Kiitän työni ohjaajia professori Juhani Ukkoa ja tutkijatohtori Mira Holopaista kommenteista ja ohjauksesta sekä minua kohtaan osoittamastanne luottamuksesta. Kiitos myös tutkijaopettaja Tero Rantalalle siitä, että autoit minua diplomityöpaikan löytämisessä. Suuri kiitos koko LUT:n tuotantotalouden laitokselle niin Lahden kuin Lappeenrannankin päässä siitä, että olette ottaneet minut niin lämpimästi vastaan. Kurkistaminen akateemisen verhon toiselle puolelle opettajien ja tutkijoiden joukkoon on opettanut minulle paljon sekä yliopistomme toimintatavoista että omista kyvyistäni.

Kiitän perhettäni ja läheisiäni siitä, että olette kaikissa elämäntilanteissa olleet tukipilarina ja turvaverkkona. Ilman horjumatonta avunantoanne sekä asettamaanne esimerkkiä sinnikkyydestä ja työmoraalista en olisi kyennyt muuttamaan yksin täysin tuntemattomalle paikkakunnalle, saati sitten tekemään siellä tuplatutkintoa. Oman elämän aloittaminen lapsuudenkodin turvan ulkopuolella on paljon helpompaa, kun tietää, että voi tilanteesta riippumatta aina palata kotiin.

Opiskeluvuoteni LUT:ssa ovat olleet täynnä iloa ja kyyneleitä, vastuuta ja huolettomuutta sekä ennen kaikkea akateemista ja käytännön oppimista – eli kaikkea sitä mitä elämä parhaimmillaan tuo mukanaan. Vuodet ovat heittäneet eteeni lukuisia opiskelijatapahtumia, reissuja, valvottuja öitä, yhden pandemian, kaksi tutkintoa, paljon laulun iloa sekä tärkeimpänä monia ihania ystäviä ja puolison, joiden tuki ja rakkaus ovat vertaansa vailla. Arkana fuksina ajaessani Skinnarilaan koti-ikäväitkua tihrustaen en olisi voinut kuvitellakaan, että vastassani olisi näin lämmin ja vastaanottavainen yhteisö, jossa on turvallista kasvaa aikuiseksi ja jolle on todella vaikea sanoa heipat. Onnekseni hyvästejä ei tarvitse vielä sanoa, sillä saan jatkaa oppimismatkaani uudessa roolissa ylioppilaskunnassa – nähdään siis päiväkahveilla toimistolla!

Kiitos Skinnarila, kiitos Resonanssi, kiitos LUT.

Lappeenrannassa 2.11.2025

Henna Raekorpi

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

1 Johdanto ... 8
1.1 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet ... 9
1.2 Rajaukset ... 10
1.3 Tutkielman rakenne ... 11
1.4 Keskeiset käsitteet ... 12
2 Johtaminen ja päätöksenteko ... 14
2.1 Strateginen johtaminen ... 15
2.1.1 Porterin viiden kilpailuvoiman malli ... 18
2.1.2 Barneyn resurssiteoria ... 22
2.1.3 Treacyn ja Wierseman positiointiteoria ... 26
2.2 Operatiivinen johtaminen ... 30
2.3 Päätöksenteko ... 33
3 Digitaaliset kaksoset ... 37
3.1 Määritelmä ... 37
3.1.1 Ominaisuudet ... 39
3.1.2 Käyttökohteet ja mahdollisuudet ... 42
3.1.3 Haasteet ... 46
3.2 Digitaaliset kaksoset johtamisessa ja päätöksenteossa ... 49
3.2.1 Digitaaliset kaksoset, strateginen johtaminen ja päätöksenteko ... 50
3.2.2 Digitaaliset kaksoset, operatiivinen johtaminen ja päätöksenteko ... 52
4 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto ... 54
4.1 Laadullinen tapaustutkimus ... 54
4.2 Tutkimusaineisto ... 56
5 Tulokset ... 60
5.1 Tapaus A: Asiakkaat edellä ... 61
5.2 Tapaus B: Kaksosen etuja mallin tasolla ... 65

5.3 Tapaus C: Yhteistyöhankkeella tehokkuuteen 70
5.4 Tapaus D: Kohti asiakasarvoa ja sen yli 75
5.5 Tapaus E: Digitalisaation edelläkävijä 79
6 Yhteenveto ja johtopäätökset 85
Lähteet 90
Liitteet 96

Liitteet

Liite 1. Haastattelukysymykset

Kuvaluettelo

Kuva 1. Tulokset hakusanalle "digital twin" 2000-luvulla. Tilastossa on mukana kaikki hakutulokset kaikkialta aineistosta.

Kuva 2. Strategiset työkalut ja niiden painopisteet (Porter 1979; Barney 1991; Treacy & Wiersema 1995; Boddy 2008, 84; Viitala & Jylhä 2019).

Kuva 3. Tutkimuksen viitekehys (mukaillen Viitala & Jylhä 2019).

Kuva 4. Strategian rakentuminen (mukaillen Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022).

Kuva 5. Porterin viisi kilpailuvoimaa (mukaillen Porter 1979, 141).

Kuva 6. Barneyn resurssiteoria (mukaillen Barney 1991, 112).

Kuva 7. Treacyn ja Wierseman positiointiteoria (mukaillen Treacy & Wiersema 1995).

Kuva 8. Digitaalisen kaksosen toimintaperiaate (mukaillen van der Aalst et al. 2021).

Kuva 9. Tutkimuksen luokittelurunko.

Kuva 10. Haastatteluiden sisältö luokittelurungon pohjalta.

Kuva 11. Yritysten määrän kehitys tapausyritysten toimialoilla (Tilastokeskus 2024).

Kuva 12. Tapausyritys E:n verkkosivuilla kuvaamat digitalisaation työkalut ja niiden hyödyt.

Taulukkoluettelo

Taulukko 1. Tapausyritykset.

Taulukko 2. Tapausyritysten haastateltavat.

Taulukko 3. Työn tulokset tiivistetysti.

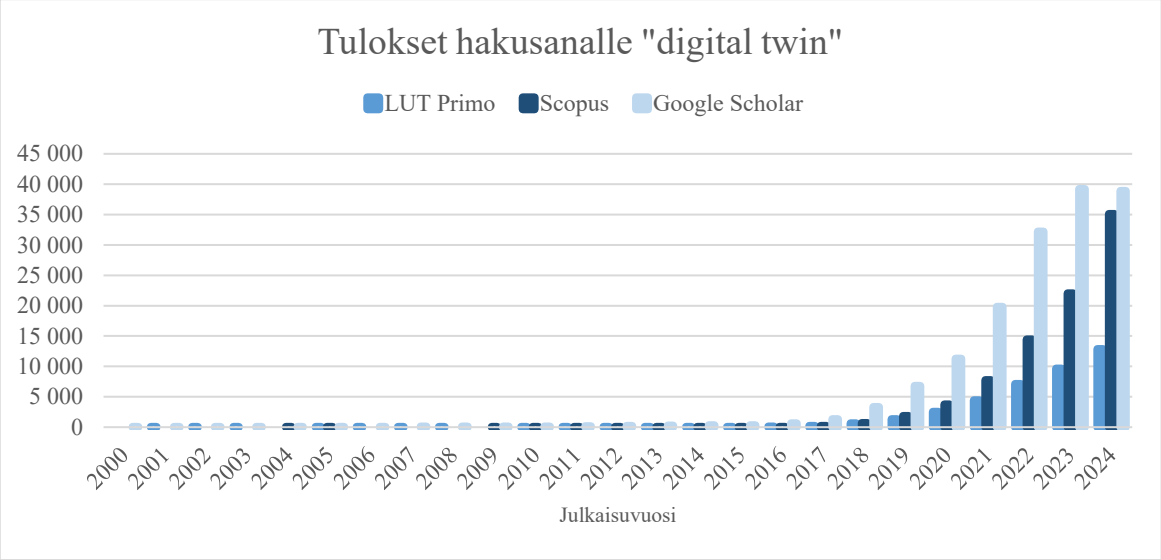
1 Johdanto

Viimeisimmän teknologisen vallankumouksen (*industry 4.0*) ja sen aiheuttaman digitaalisen transformaation myötä yritysten tapa toimia on muuttunut. Tekniset kehitysaskeleet, kuten esineiden internet (*internet of things*) ja tekoäly (*artificial intelligence*), ovat laajentaneet tuotannon tehostamisen, innovoinnin ja tietoon perustuvan päätöksenteon mahdollisuuksia samalla, kun teknisten ratkaisujen käyttöönotto on muuttunut edullisemmaksi. (mm. Narula, Parakash, Dwivedy, Talwar & Tiwari 2020, 698; Serbulova 2021; Yildiz, Møller & Bilberg 2022, 2317; Holopainen, Saunila, Rantala & Ukko 2024, 1779) Yksi digitaalisen transformaation avaintyökaluista on digitaalinen kaksonen (*digital twin*; Serbulova 2021; Korepin, Mohamed, Zhaksylyk & Liu 2024, 691) eli fyysistä kappaletta kuvaava digitaalinen kopio, joka päivittyy reaaliaikaisesti fyysisen ympäristön muutosten myötä (mm. Liu, Fang, Dong & Xu 2021, 351). Alkutaipaleen yksinkertaiset digikaksosmallit ovat teknologisen kehityksen myötä muotoutuneet yhtä laajemmiksi kokonaisuuksiksi (van der Aalst, Hinz & Weinhardt 2021, 616; Wurm, Becker, Pentland, Lyytinen & Weber 2023, 554), ja digitaalisten kaksosten käyttöönoton uskotaan kasvavan räjähdysmäisesti seuraavan muutaman vuoden aikana (Wang, Li, Wang & Liu 2024, 167).

Myös tieteellisessä kirjallisuudessa kiinnostus digitaalisia kaksosia kohtaan on kasvanut runsaasti. Digitaalisiin kaksosiin keskittyvän kirjallisuuden määrä alkoi kasvaa vuonna 2017 (kuva 1; Liu et al. 2021, 348; Ouahabi, Chebak, Kamach, Laayati & Zegrari 2024), eikä kasvulle vielä toistaiseksi näy rajoja. Kuitenkin moni tutkija keskittyy artikkeleissaan kuvaamaan digitaalisen kaksosen teknisiä ominaisuuksia mallinnuksesta simulaatioon, minkä lisäksi sen käyttökohteita kuvataan melko operatiivisesta näkökulmasta (Holopainen et al. 2024, 1780; Xin & Wang 2024, 2237). Kuitenkin sekä tieteellisestä että käytännön näkökulmasta olisi mielenkiintoista nähdä, kuinka digitaalisten kaksosten vallankumous vaikuttaa johtamiseen ja päätöksentekoon operatiivisen puolen lisäksi strategisilla osa-alueilla. Tämän työn tarkoituksena onkin lisätä digitaalisiin kaksosiin, johtamiseen ja päätöksentekoon liittyvää kirjallisuutta.

Moni tutkija (mm. Negri, Fumagalli & Macchi 2019; Liu et al. 2021) on käsitellyt digitaalisten kaksosten johtamiseen ja päätöksentekoon tuomia etuja, ja esimerkiksi Kunath ja Winkler (2018, 227) määrittelevät päätöksenteon tukemisen yhdeksi digitaalisen kaksosen

tärkeimmistä tehtävistä. Artikkeleissa harvemmin kuitenkin eritellään strategista ja operatiivista johtamista, jolloin aiheen käsittely saattaa jäädä melko pinnalliseksi. Kuitenkin osa tutkijoista (mm. West, Stoll, Meierhofer & Züst 2021; Yan, Hong & Warren 2022) on erotellut strategisen näkökulman pitkäaikaisine päätöksineen päivittäisestä operatiivisesta työstä, ja tämä työ pyrkiikin syventämään näiden artikkelien aihepiiriä.



Kuva 1. Tulokset hakusanalle "digital twin" 2000-luvulla. Tilastossa on mukana kaikki hakutulokset kaikkialta aineistosta.

Tämän tutkimuksen perusteella digitaalisia kaksosia käytetään jo jonkin verran käytännön työelämässä, vaikkakin käyttöaste on paljon kirjallisuuden antamaa kuvaa pienempi ja käyttökohteet suppeammat. Digitaalisten kaksosten pääasiallinen tehtävä tutkimuksen tapausyrityksissä liittyy pitkälti tuotannollisiin teemoihin, kuten suunnitteluun, testaukseen sekä koulutukseen, eikä strategisia käyttökohteita vielä tunnistettu. Monessa tapausyrityksessä tunnistettiin digitaalisten kaksosten tulevaisuuden potentiaali ja siitä saatavat hyödyt, mutta niiden saavuttamiseksi tulisi löytää ratkaisut monenlaisiin haasteisiin.

1.1 Tutkimuskysymykset ja tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on täydentää olemassa olevaa digikaksoskirjallisuutta johtamisen ja päätöksenteon näkökulmasta. Laadullisena tapaustutkimuksena tehtävä tutkimus laajentaa lisäksi tieteellistä kirjallisuutta tuomalla mukaan käytännön työelämään liittyviä ominaispiirteitä, kuten aitoja haasteita ja mahdollisuuksia digitaalisten kaksosten käytössä. Keskeisimpinä teemoina tutkimuksessa ovat operatiivinen johtaminen, sisältäen ihmisten

(*leadership*) ja asioiden (*management*) johtamisen, sekä strateginen johtaminen (*strategic management*). Tutkimuksen tavoite pyritään saavuttamaan etsimällä kirjallisuuskatsauksen sekä laadullisen tapaustutkimuksen avulla vastaukset seuraaviin kysymyksiin:

Päätutkimuskysymys:

Miten digitaaliset kaksoset vaikuttavat johtamiseen ja päätöksentekoon?

Alatutkimuskysymykset:

(1) Millaisia vaikutuksia digitaalisilla kaksosilla on strategiseen johtamiseen ja edelleen päätöksentekoon?

(2) Millaisia vaikutuksia digitaalisilla kaksosilla on operatiiviseen johtamiseen ja edelleen päätöksentekoon?

(3) Miten edellä mainitut vaikutukset ovat syntyneet?

1.2 Rajaukset

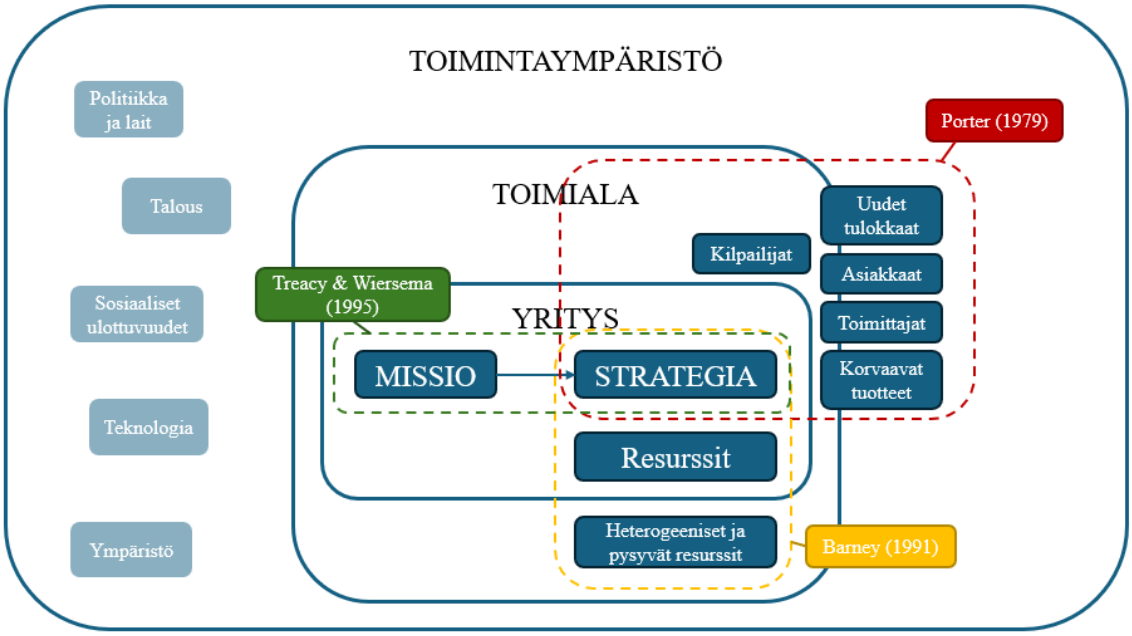
Haastateltavat yritykset toimivat Päijät-Hämeen alueella. Päijät-Häme on alueena kiinnostava, sillä sen läheinen sijainti pääkaupunki Helsinkiin vaikuttaa työelämän rakenteisiin. Päijät-Hämeen liiton (2025) mukaan noin 15 prosenttia maakunnan työssäkäyvästä väestöstä käy töissä pääkaupunkiseudulla. Toisaalta maakunnalla itselläänkin on monipuolinen elinkeinorakenne, joka pitää sisällään runsaasti perheyrittäjyyttä, teollisuusyrityksiä ja isoja, kansainvälisiäkin osakeyhtiöitä. Esimerkiksi maakuntakeskuksessa Lahdessa valmistetaan muun muassa juomia ja muita elintarvikkeita, huonekaluja, muovia, viemäreitä, vaatteita ja mekatroniikkaa. Lahti on myös Suomen nuorin yliopistokaupunki LUT-yliopiston laajenemisen myötä. (Päijät-Hämeen liitto 2025; Lahti Business Region 2025) Monipuolisuutensa ja jatkuvasti kehittyvän elinkeinoelämänsä myötä Päijät-Hämeestä voisikin löytyä kiinnostusta orastavia teknologioita, kuten digitaalisia kaksosia, kohtaan.

Työssä keskitytään strategiseen ja operatiiviseen johtamiseen. Johtamiseen keskittyvä tieteellinen kirjallisuus sisältää monia eri näkökulmia ja jaotteluja, kuten innovaatio-, tuotannon ja talouden johtamisen. Nämä sijoittuvat Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan strategisen ja operatiivisen johtamisen välimaastoon keskittyen vain tiettyihin toimintoihin. Tähän työhön halutaan kuitenkin mukaan mahdollisimman laaja katsaus digitaalisten kaksosten

vaikutuksista johtamiseen ja päätöksentekoon. Tämän vuoksi työssä keskitytään nimenomaan strategiseen ja operatiiviseen johtamiseen, jotka kattavat määritelmällisesti koko organisaation sekä sen ympäristön (Viitala & Jylhä 2019). Termien sisältö avataan tarkemmin kappaleessa 2.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielmassa käydään seuraavaksi läpi strategisen ja operatiivisen johtamisen sekä päätöksenteon kirjallisuutta. Strategisen johtamisen yhteydessä perehdytään strategiatyön tukena käytettäviin työkaluihin, joita ovat Porterin viiden kilpailuvoiman malli, Barneyn resurssianalyysi sekä Treacyn ja Wierseman positiointiteoria. Nämä strategiatyökalut valikoituivat työhön, sillä jokainen niistä lähestyy strategiaa hieman eri kulmasta. Kuvan 2 mukaisesti Porter (1979) keskittyy mallissaan yrityksen toimintaympäristöön eli ulkoisiin ajureihin, kun taas Barney (1991) painottaa toimialan ja yrityksen omia resursseja. Treacy ja Wiersema (1995) puolestaan sanovat strategiatyön lähtevän siitä tavoiteasemasta ja -tilanteesta markkinoilla, johon yritys toiminnallaan tähtää.



Kuva 2. Strategiset työkalut ja niiden painopisteet (Porter 1979; Barney 1991; Treacy & Wiersema 1995; Boddy 2008, 84; Viitala & Jylhä 2019).

Teoriaosuudessa käsitellään johtamisaiheen lisäksi digitaalisia kaksosia sekä niiden yhteyttä johtamiseen ja päätöksentekoon. Kirjallisuuskatsauksen artikkelien keräyksessä käytettiin

LUT Primo- ja Google Scholar -tietokantoja, minkä lisäksi työhön sisällytettiin kirja- ja verkkopohjaista tietoa. Lähteet koostuvat 31 tieteellisestä artikkelista, joista 28 on JUFO-luokiteltuja, 11 kirjasta sekä 22 verkkodokumentista. Teoriaosuuden jälkeen tutkielmassa esitellään tutkimusmetodologia sekä -aineisto, joiden pohjalta tulokset muodostetaan. Lopuksi vuorossa ovat yhteenveto ja johtopäätökset, jolloin pohditaan myös jatkotutkimusaiheita sekä tutkimuksen luotettavuutta.

1.4 Keskeiset käsitteet

Datalla tarkoitetaan raakatietoa eli asioiden tai tapahtumien ominaisuuksia, jotka on otettu talteen (Boddy 2008, 380; Viitala & Jylhä 2019). Datan voi tallentaa monenlaisessa muodossa, kuten esimerkiksi numeroina, tekstinä, kuvana tai äänenä. Data muuttuu *informaatioksi*, kun se on prosessoitu ja sille on saatu konteksti. *Tieto* on puolestaan informaatiota, johon kytkeytyy ihmisen kokemukset ja oppimat asiat. (Boddy 2008, 380; West et al. 2021) Dataa eritellään ja jäsennellään erilaisten data-analytiikan työkalujen avulla (Viitala & Jylhä 2019).

Strategisen johtamisen (strategic management) keskiössä on organisaatio ja sen ympäristö. Strategisen johtamisen tärkein työkalu on strategia eli organisaation pitkäaikainen toimintasuunnitelma, jonka avulla organisaatio pyrkii vastaamaan kilpailuun. Strategian perustana toimivat missio eli toiminta-ajatus, liikeidea, arvot ja visio eli tulevaisuuden tavoitetila. (Boddy 2008; Juuti & Luoma 2009; Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022)

Operatiivisessa johtamisessa (operative management) keskitytään päivittäiseen työhön, kuten asioiden ja ihmisten johtamiseen. Lisäksi operatiivinen johto pyrkii jalkauttamaan yritysstrategian organisaation jokaiselle tasolle sekä sitouttamaan työntekijät päämäärien ja arvojen mukaiseen työkulttuuriin. (Viitala & Jylhä 2019)

Asioiden johtamisella (management) tarkoitetaan ratkaisukeskeistä tuotannontekijöiden, kuten materiaalien ja prosessien, johtamista. Työhön katsotaan sisältyvän runsaasti organisointia, resurssienhallintaa sekä työn sisällön suunnittelua. (Boddy 2008; Viitala & Jylhä 2019) Joskus termillä *management* viitataan myös yleisesti johtamiseen vakaassa markkinatilanteessa. (Viitala & Jylhä 2019)

Ihmisten johtamisella (leadership) tarkoitetaan ihmiskeskeistä ja inhimillistä johtamistapaa, jonka merkitys on korostunut erityisesti nykyajan työelämässä. Työhön katsotaan sisältyvän runsaasti motivointia, kommunikointia sekä tietotaidon kehittämistä, jotka luovat edellytykset työntekijän onnistumiselle. Myöskin organisaatiokulttuuri, ilmapiiri ja yhteistyön sujuvuus ovat tärkeässä roolissa ihmisten johtamisessa. Joskus sanalla *leadership* viitataan myös muutosjohtamiseen. (Viitala & Jylhä 2019)

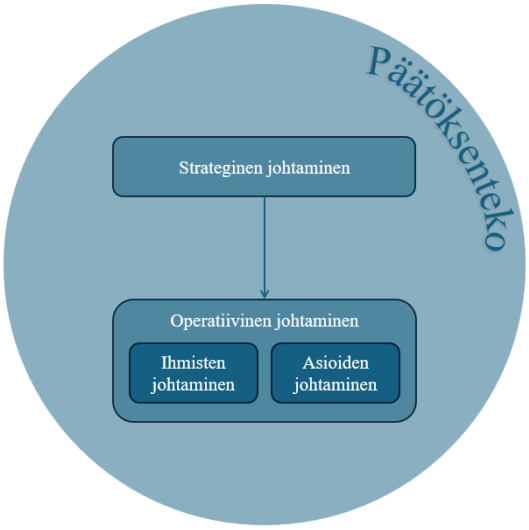
Toimintaympäristö on se tilanne tai ympäristö, jossa organisaatio toimii. Siihen kuuluu fyysisen ympäristön lisäksi esimerkiksi ympäröivä kulttuuri, politiikka, markkinat verkostoineen, teknologiset muutokset sekä organisaation sidosryhmät. Trendit, kuten digitalisaatio ja globalisaatio, muovaavat toimintaympäristöä. (Boddy 2008, 84–85; Viitala & Jylhä 2019)

Resurssit käsittävät organisaation fyysisen ja henkisen pääoman sekä organisaatiokohtaisen pääoman (Barney 1991, 101). Resursseja voidaan käyttää *kilpailuedun*, eli yrityksen saavuttaman suhteellisen edun kilpailijoihin nähden, rakentamiseksi (Viitala & Jylhä 2019).

Innovaatiot koostuvat uusista tuoteideoista, toteutuksesta sekä niiden kautta arvon luomisesta. Myös kaupallistaminen nähdään usein osana innovaatioprosessia. (Boddy 2008, 6; Viitala & Jylhä 2019) Yan et al. (2022, 1109) nostavat innovaatiotoiminnan keskeisiksi teemoiksi muun muassa liiketoimintamahdollisuuksien kartoittamisen, digitaalisen transformaation, tuotesuunnittelun, yritysanalyysit sekä markkinoiden laajentamisen.

2 Johtaminen ja päätöksenteko

Johtaminen on tärkeimpiä tekijöitä organisaatioiden menestyksen ja tehokkuuden taustalla, ja se koostuu strategisesta ajattelusta, toimintaan vaikuttavien tekijöiden tunnistamisesta sekä kokonaisuuden ymmärtämisestä. Lisäksi johtajat tekevät päätöksiä (kuva 3). Johtaminen on täten siis toimintaa, jolla pyritään saavuttamaan tietyt päämäärät sekä luomaan lisäarvoa. (Boddy 2008, 3, 10; Viitala & Jylhä 2019) Ilman johtamista isojen kokonaisuuksien ja ihmisjoukkojen toiminta olisi hajanaista ja kaoottista, kun taas hyvät johtamiskäytänteet edistävät tavoitteiden saavuttamista ja toiminnan kehittymistä. Hyvän johtajuuden määrittely on kuitenkin hankalaa, sillä se on monen sisäisen ja ulkoisen tekijän summa. Esimerkiksi yksilön tietotaito, tunteet, luovuus ja ahkeruus vaikuttavat johtamisen toteuttamiseen, ja johtamisen onnistumisen määrittelevät johtajan sijaan johdettavat. (Viitala & Jylhä 2019)



Kuva 3. Tutkimuksen johtamisen viitekehys (mukaillen Viitala & Jylhä 2019).

Strategisen ja operatiivisen johtamisen välinen raja voidaan määritellä johtamisen ajallisen ulottuvuuden ja toiminnan konkreettisuuden avulla. Strateginen johtaminen keskittyy pääasiallisesti pitkäaikaiseen toimintaan ja toisinaan melko abstrakteihin teemoihin, kun taas operatiivisessa johtamisessa keskiössä on päivittäinen konkreettinen työ. (Viitala & Jylhä 2019) Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan strategisen johtamisen ytimessä on erityisesti organisaatio ja sen ympäristö, joiden pohjalta liiketoiminnalle asetetaan suuntaviivat. Käytännössä tämä tarkoittaa organisaation pitkän aikavälin päämäärien, arvojen ja toimintatapojen

määrittelemistä sekä strategian kehittämistä ja jalkauttamista (Boddy 2008, 242; Viitala & Jylhä 2019). Operatiivinen johtaminen on kuvan 3 mukaisesti strategista johtamista seuraava taso, jossa strategia pyritään aktiivisesti toteuttamaan ohjaamalla ja sitouttamalla organisaation jäseniä. Se pitää sisällään niin ihmisten kuin asioiden, kuten tuotannontekijöiden, ohjaamista. Vaikka ihmiset ja asiat usein eritellään johtamiskirjallisuudessa, käytännön työssä niitä on mahdoton erottaa toisistaan. (Viitala & Jylhä 2019)

Päätöksenteko on Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan läsnä johtamisen kaikilla osa-alueilla kuvan 3 mukaisesti, ja johtamistehtäviin voi kuulua niin laajoja strategisia päätöksiä kuin nopeita operatiivisia ratkaisujakin. Seuraavissa kappaleissa johtamista ja päätöksentekoa käsitellään kuitenkin itsenäisinä kokonaisuuksinaan, sillä niin saadaan parhaiten esille kummankin osa-alueen erityispiirteet, kuten päätöksenteon harhat.

2.1 Strateginen johtaminen

Strateginen johtaminen on laaja kokonaisuus, joka edellyttää niin historian kuin tulevaisuudenkin analysoimista sekä organisaation ja sen toimintaympäristön muodostaman kokonaisuuden ymmärtämistä (Viitala & Jylhä 2019). Sen keskiössä on strategia, joka toimii organisaation pitkäaikaisena toimintasuunnitelmana ja menestyksen rakentajana. Strategialla organisaatio vastaa kilpailuun, ja sen avulla organisaatio pystyykin vähentämään dynaamisen toimintaympäristön aiheuttamaa epävarmuutta, yhtenäistämään toimintamalleja, kirkastamaan toiminnan suuntaa sekä parantamaan päätöksenteon laatua. (Porter 1979; Boddy 2008, 244; Juuti & Luoma 2009, 25–27; Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1110) Strategia sisältää organisaation päämäärät eli aseman tai tilanteen, joka organisaation tulee saavuttaa annetussa ajassa, ja päämääränä voi olla esimerkiksi kasvu, uusiutuminen tai vakaan toiminnan jatkuminen. Lisäksi strategiaan sisältyy pienempiä välitavoitteita sekä kehitystoimenpiteitä eli keinoja, joilla päämäärät pyritään saavuttamaan. (Boddy 2008, 194; Juuti & Luoma 2009, 53–54; Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1110)

Strategian perustana toimivat missio, arvot, liikeidea ja visio, mutta sen laadinnassa tulisi ottaa huomioon myös markkinoiden palaute ja aiemmat kokemukset. Toisaalta myös organisaation kyvykkyyksien ja odotusten sekä ympäristön epävarmuuksien huomiointi edesauttaa organisaation menestymistä markkinoilla. (Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1110) Missiolla (kuva 4) tarkoitetaan organisaation toiminta-ajatusta, eli se kuvaa toiminnan

perimmäistä tarkoitusta sekä organisaation roolia maailmassa. Liikeidea tarkentaa missiota määrittelemällä valmistettavat tuotteet tai palvelut, asiakasryhmät sekä tuotantometodit. (Juuti & Luoma 2009, 292; Viitala & Jylhä 2019) Lisäksi sen kautta organisaatio analysoi tärkeimpiä asiakassegmenttejä sekä asiakkaiden tarpeita (Juuti & Luoma 2009, 59). Liikeideaa useammin nykyään puhutaan liiketoimintamallista, johon sisällytetään myös imago eli organisaation itsestään antama mielikuva. Myös ansaintalogiikka eli taloudellisen menestymisen periaatteet ovat osa liiketoimintamallia, ja siksi sen merkitys strategiassa ja organisaation menestyksessä on suuri. (Viitala & Jylhä 2019)

Kuva 4. Strategian rakentuminen (mukaillen Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022).

Arvot ovat ihanteita tai uskomuksia, jotka kuvaavat ihmiselle tai yhteisölle tärkeitä asioita ja ohjailevat siten näiden toimintaa (Juuti & Luoma 2009, 289). Ne asettavat organisaatiolle eettisen perustan yhtenäistämällä toimintamallit, kun taas visio ohjaa organisaatiota kohti tulevaisuuden tavoitetilaa. Visio on parhaimmillaan konkreettinen ja elävä, ja se voidaan esittää esimerkiksi kuvana tai tarinana. Tällöin se toimii tehokkaana kommunikaatiovälineenä sekä inspiraation lähteenä. Olosuhteiden muuttuessa ja tavoitteiden edetessä visio ja siten strategiakin saattavat muuttaa muotoaan, ja niiden kehittämisen tulisikin olla jatkuvaa toimintaa. (Juuti & Luoma 2009, 54; Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1109) Yanin et al. (2022, 1110) mukaan strategian laadinnan tulisi alkaa nimenomaan visiosta, jotta organisaation tavoitetila olisi toiminnan keskiössä.

Strategia jakautuu usein pienempiin osastrategioihin, jotka sisältävät organisaation päämääriä toiminnallisempia tavoitteita. Esimerkiksi tuotannolla, viestinnällä tai markkinoinnilla voi olla oma strategiansa, tavoitteensa sekä kehittämisprojektinsa, joita seurataan yleensä vähintään kuukausittain. (Juuti & Luoma 2009, 24; Viitala & Jylhä 2019) Myös yksittäisillä

tiimeillä voi olla omat tavoitteensa. Osastrategiat tavoitteineen ovat kapea-alaisempia kuin koko organisaation strategia, mutta ne ovat tiukasti yhteydessä toisiinsa ja tukevat toinen toisensa toteutumista. (Boddy 2008, 186) Varsinkin suurissa yrityksissä strategiaa levitetään järjestelmällisesti usein kirjallisessa muodossa tai puheissa, jolloin strategia leviää organisaation läpi moniulotteisesti. Toisaalta yhteen puhaltava pieni organisaatio saattaa elää ja hengittää strategiaa koko henkilöstön laajuisesti, sillä strategia leviää ketterämmin pienessä yrityksessä. (Viitala & Jylhä 2019)

Strategia seuraa usein organisaation vuosikelloa ja sitä tarkastellaan muutaman vuoden mittaisissa jaksoissa. Strategiajakson päätteeksi strateginen johtoryhmä arvioi esimerkiksi tavoitteiden toteutumisastetta ja yrityksen toimintaolosuhteita, joiden pohjalta strategiaa voi lähteä uudistamaan. Kilpailukyvyn säilymisen kannalta onkin elintärkeää, että organisaatio kehittää aktiivisesti toimintaansa, innovoi ja etsii uusia kyvykkyyksiä. (Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1110) Myös heikot signaalit (Annarelli & Nonino 2016, 2; Viitala & Jylhä 2019), kuten asiakkaiden arvomaailman asteittainen muuttuminen, on tärkeää huomioida strategiaa uudistettaessa (Viitala & Jylhä 2019).

Vaikka päävastuu strategisesta johtamisesta on ylimmällä johdolla, viime kädessä omistajat päättävät strategian sisällöstä. Myös henkilöstö otetaan usein mukaan strategian kehittämistyöhön ja esimerkiksi arvojen määrittelemiseen, jolloin strategialle saadaan kerättyä mahdollisimman laaja tietopohja ja tuki. (Boddy 2008, 424–425; Juuti & Luoma 2009, 29–30; Viitala & Jylhä 2019) Toisaalta organisaation eri osat, kuten budjetointi, ovat aktiivisesti mukana strategian rakentamisprosessissa. Teknologisen kehittymisen myötä strategian kehittämistyössä voidaan käyttää esimerkiksi digitaalisia yhteistyöalustoja, minkä lisäksi strategiatyössä on mahdollista hyödyntää data-analytiikkaa ja tekoälyä. (Viitala & Jylhä 2019)

Strategiseen johtamiseen kuuluu olennaisesti toimintavaihtoehtojen ja skenaarioiden kartoitus esimerkiksi käyttämällä skenaarioanalyysia, joka sisältää erilaisia mahdollisia tulevaisuuspolkuja (Boddy 2008, 192; Juuti & Luoma 2009, 294) ja jonka avulla voidaan havaita epäjatkuvuuskohtia ja signaaleja muutoksesta sekä luoda laadukkaampia suunnitelmia (Viitala & Jylhä 2019). Skenaarioanalyysissa voi esimerkiksi kartoittaa jonkin päätöksen pessimistiset, realistiset ja optimistiset seuraukset, joiden perusteella organisaatiojohto voi valita yrityksen kannalta parhaimmat toimintavaihtoehdot (Yan et al. 2022, 1109–1110). Viitala ja Jylhä (2019) jakavat kartoituksen kahteen eri osa-alueeseen eli hyödyntämiseen (*exploitation*) ja tutkintaan (*exploration*). Hyödyntämisessä organisaatio käyttää senhetkisiä

mahdollisuuksia tehokkaammin, jolloin yritystoimintaa optimoidaan markkinaympäristön asettamien raamien puitteissa. Tutkinnassa organisaatio luo itse aktiivisesti kehitysmahdollisuuksia omien resurssien ja kyvykkyyksien pohjalta, eli vaikkapa uudistaa liikeideansa tai siirtyy uusille markkinoille. (Viitala & Jylhä 2019) Näin strategia toimii yrityksen ohjenuorana ja selviytymiskeinona dynaamisessa markkinaympäristössä (Yan et al. 2022, 1110).

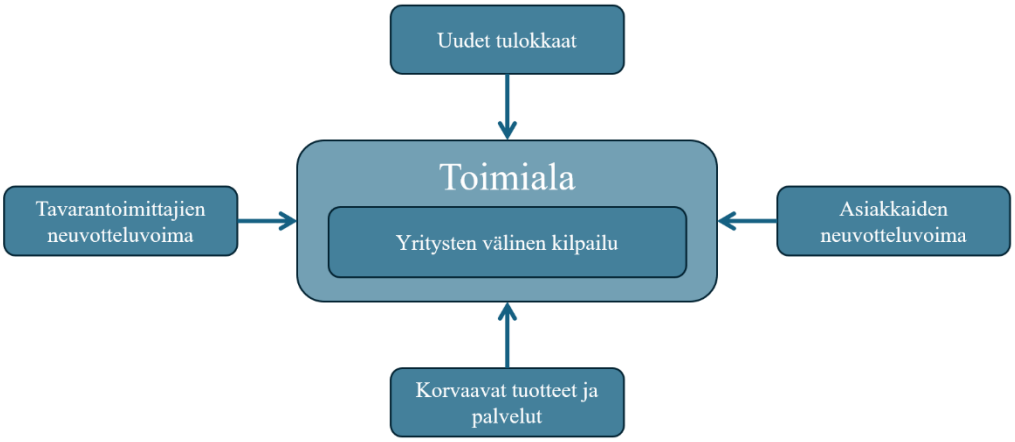
Eräs hyödyntämisen työkaluista on Porterin viiden kilpailuvoiman malli, joka sisältää viisi organisaation ulkopuolista kilpailuvoimaa. Näitä kilpailuvoimia analysoimalla organisaatio voi muodostaa kilpailukykyisen strategian sekä löytää sopivan markkinaraon itselleen. (Porter 1979; Viitala & Jylhä 2019) Barneyn resurssiteorialla puolestaan voidaan arvioida organisaation aineettomia ja aineellisia resursseja (Viitala & Jylhä 2019), eli perustaa strateginen kilpailukyky tutkintaan. Treacyn ja Wierseman positiointiteoriassa voi käyttää sekä hyödyntämisen että tutkinnan keinoja. Strategiatyökalujen valinnalla johto ratkaiseekin, mihin ilmiöön tai ongelmaan se keskittyy päätöksissään (Juuti & Luoma 2009, 108).

2.1.1 Porterin viiden kilpailuvoiman malli

Porterin viiden kilpailuvoiman mallia käytetään toimintaympäristön eli organisaation ulkoisten tekijöiden analysointiin (Porter 1979). Toimintaympäristön ymmärtäminen on tullut entistä tärkeämmäksi viime vuosikymmenten megatrendien, kuten digitalisaation ja globalisaation, myötä. Myös väestöön liittyvät muutokset ikääntymisestä kaupungistumiseen ovat muovanneet toimintaympäristöä sekä ihmisten tarpeita ja tapoja. (Bolton, McColl-Kennedy, Cheung, Gallan, Orsingher, Witell & Zaki 2018, 777; Viitala & Jylhä 2019; Yildiz et al. 2022, 2317) Keräämällä tietoa kilpailuvoimista organisaatio voi kehittää vahvuuksiaan ja heikkouksiaan sekä asemoida itsensä markkinoilla sellaiseen asemaan, jossa kilpailuvoimat tuottavat vähiten vahinkoa. Toisin sanoen organisaatio kykenee hyödyntämään mahdollisuutensa paremmin ja välttelemään uhkia tehokkaammin. Nämä viisi kilpailuvoimaa ovat kuvan 5 mukaisesti toimialan sisäinen kilpailu, uudet tulokkaat, korvaavat tuotteet ja palvelut sekä tavarantoimittajien ja asiakkaiden neuvotteluvoima. (Porter 1979; Barney 1991, 100; Juuti & Luoma 2009, 69–70; Viitala & Jylhä 2019)

Toimialan sisäinen kilpailu voi olla hyvinkin erinäköistä alasta riippuen. Esimerkiksi Suomessa valtio-omisteisella Alkolla on monopoli eli yksinoikeus myydä väkeviä alkoholituotteita, sillä sen nähdään olevan tehokas keino säädellä ja vähentää alkoholin kulutusta

(Mäkelä, Warpenius & Karlsson 2022; Alko 2025). Oligopoli-tilanteessa kilpailu on puolestaan hyvin keskittynyttä, ja vain muutama toimija tarjoaa tiettyä tuotetta tai palvelua (Levola 2013). Toisaalta markkinoilla voi olla myös runsaasti tasavertaisia toimijoita, jolloin yksittäisen yrityksen markkinaosuuden kasvattaminen vaatii joukosta erottautumista tai muita kilpailuvaltteja, kuten vahvan rahoituspohjan. Erityisesti vakailla tai hitaasti kasvavilla toimialoilla toiminnan kasvattaminen edellyttää organisaatiolta itseltään aktiivista otetta ja omiin kyvykkyyksiin nojaamista, sillä trendeihin perustuva nopea kasvu ei ole todennäköistä. (Porter 1979, 142; Boddy 2008, 94) Toisaalta markkinatoimijat ovat nykyisin entistä vahvemmin yhteydessä toisiinsa maailmanlaajuisissa verkostoissa, ja organisaatio ei kilpaile enää ainoastaan lähitoimintaympäristössään olevia toimijoita vastaan, vaan se joutuu vastaamaan globaaliin kilpailuun (Annarelli & Nonino 2016, 2; Viitala & Jylhä 2019; Yildiz et al. 2022, 2317), ja joskus kilpailijoista voi tulla jopa yhteistyökumppaneita (Viitala & Jylhä 2019).



Kuva 5. Porterin viisi kilpailuvoimaa (mukaillen Porter 1979, 141).

Toimialalle saapuvat ***uudet tulokkaat*** joutuvat usein taistelemaan tiensä sisään, ja toimialalle olennaiset resurssit eivät välttämättä ole helposti heille saatavilla (Barney 1991, 105). Esimerkiksi nykytoimijoiden brändit sekä suhteet hankintaketjuun ja jälleenmyyjiin ovat selkeitä kilpailuetuja, joita uusilla toimijoilla ei ole. Nykytoimijat ovat saattaneet myös saavuttaa mittakaava- tai muita taloudellisia etuja, joiden ansiosta heidän toimintansa on turvatumpaa. Uusien toimijoiden muodostama uhka on kuitenkin todellinen, sillä he tuovat mukanaan uutta kapasiteettia ja intoa. Heidän resurssinsa ja innovaationsa saattavat poiketa totutusta, mikä voi muuttaa markkinatasapainoa yllättävilläkin tavoilla. (Porter 1979, 138–140; Boddy 2008, 93–94; Viitala & Jylhä 2019) Esimerkiksi pikaruokaravintolaketju McDonald's huomasi markkinaraon ihmisten ruokailutottumuksissa ja perusti

liiketoimintamallinsa nopeuteen sekä helppouteen muun muassa autokaistoja käyttäen. Ketju kasvoi nopeasti, ja nykyisin McDonald'silla on yli 40 000 ravintolaa yli sadassa maassa. (McDonald's 2025) Myöskin majoituspalvelu Airbnb ja kuljetuspalvelu Uber ovat muuttaneet toimialaansa perustavanlaatuisesti tarjoamalla jakamistalouteen pohjautuvia digitaalisia palveluita (Bolton et al. 2018, 789; Viitala & Jylhä 2019).

Kolmas Porterin esittämä kilpailuvoima on ***korvaavat tuotteet tai palvelut*** (Porter 1979, 142). Esimerkiksi elokuvateattereille toiset elokuvateatterit ovat kilpailijoita ja uudet yrittäjät muuttavat markkinaympäristön tasapainoa. Elokuvateatteripalvelun korvaava tuote voi kuitenkin olla melkein mikä tahansa muu viihdepalvelu, kuten vaikkapa televisioitavat jääkiekon maailmanmestaruuskilpailut tai paikkakunnalle saapuvan artistin konsertti. Digitalisaatioaallon myötä myös suoratoistopalveluiden yleistyminen on laajasti korvannut elokuvateattereiden tarjonnan mediasisällöllään, sillä moni kuluttaa viihdettä mieluummin kotona kuin kodin ulkopuolella (Keski-Hallila 2024). Tällaiset korvaavat tuotteet asettavat hintakaton organisaation tuotannolle, sillä kuluttajat ovat hintatietoisia valinnoissaan (Porter 1979, 142; Boddy 2008, 93), ja esimerkiksi elokuvalipun hinnan tulee olla kilpailukykyinen muihin viihdepalveluihin verrattuna.

Valtaosa yrityksistä toimii nykyään osana suurempia verkostoja, jotka koostuvat esimerkiksi toimittajista ja alihankkijoista. Yhteistyö toimittajien ja alihankkijoiden kanssa saattaa johtua esimerkiksi organisaation halusta kasvattaa kapasiteettia, keskittyä ydinosaamiseensa tai vähentää omia riskejään, minkä lisäksi verkostot mahdollistavat tehokkaamman maailmanlaajuisen laajenemisen. Toisaalta verkostoon voidaan koota mahdollisimman laaja otanta laadukkaita ja osaavia tekijöitä. (Boddy 2008, 329; Viitala & Jylhä 2019) Tilanteessa, jossa markkinoilla toimii vain yksi tai muutama tavarantoimittaja, ***toimittajien neuvotteluvoima*** nousee esiin. Toimittajien rooli korostuu myös silloin, jos ne tarjoavat uniikkia tuotetta tai palvelua, jolloin toimittajalla voi olla laaja asiakaskunta eikä sen tarvitse kilpailla yksittäisen ostajayrityksen asiakkuudesta muiden toimittajien kanssa. Ostajilla ei tällöin ole aitoa mahdollisuutta vaihtaa toimittajaa, ja toimittajat voivat nostaa hintoja tai heikentää laatua ilman suurempia seurauksia. Joissain tilanteissa, kuten sopimuksellisista syistä, toimittajan vaihtaminen voi myös olla ostajaorganisaatiolle kallista. Tavarantoimittajien valinta onkin tärkeä strateginen päätös, johon organisaatiolla itsellään on kilpailuvoimista jopa suurin vaikutusvalta. (Porter 1979, 140–141; Boddy 2008, 95; Viitala & Jylhä 2019) Tavarantoimittajien merkitys korostui muun muassa koronapandemian aikana, kun aasialaiset

puolijohdetuottajat joutuivat supistamaan tuotantoaan, ja komponenteista, kuten siruista, syntyi pula. Tuotannon vähentymisen ohella digitaalinen transformaatio lisäsi kysyntää, minkä lisäksi yleiset kustannukset nousivat Ukrainan sodan myötä. Muutokset johtivat komponenttipulaan, sillä toimittajia oli liian vähän kysyntään nähden ja tuotantokustannuksien kasvun myötä myös hinnat nousivat. (Pitkänen 2022)

Organisaation asiakkaina voi olla kuluttajia tai muita organisaatioita. Jos asiakkaita on vain vähän tai yrityksellä on muutama erityisen tärkeä asiakas, on organisaatio riippuvainen heidän ostopäätöksistään. Lisäksi jos hintatietoisella asiakkaalla on useampia vaihtoehtoja, joutuu organisaatio erottautumaan joukosta hyödykkeen hinnalla, laadulla tai muulla ominaisuudella. (Porter 1979, 140–141; Boddy 2008, 93, 95; Viitala & Jylhä 2019) Erityisesti digitalisaation ja globalisaation myötä ***asiakkaiden neuvotteluvoima*** on kasvanut, ja kuluttajilla on aiempaa enemmän valtaa ja valinnanvaraa (Viitala & Jylhä 2019). Mono- ja oligopolitilanteissa asiakkaiden neuvotteluvoima on kuitenkin vähäinen, ja esimerkiksi Suomen suurimmat ruokakauppaketjut hallitsevat toimialaa yli 80 prosentin markkinaosuudella. Samalla kun ruoan alkutuotanto on kriisissä ja kuluttajahinnat nousevat, ruokakauppaketjut raportoivat ennätystuloksia. (Levola 2013; Hartikainen 2022) Esimerkiksi siis tavan kuluttajilla ei asiakkaina eikä maatalousyrittäjillä tavarantoimittajina näyttäisi olevan paljoakaan neuvotteluvoimaa ruokakauppaketjujen hinnoitteluperiaatteisiin.

Kilpailuvoimien intensiivisyydestä riippuen toimiala voi mahdollistaa organisaation menestymisen tai vaikeuttaa sitä merkittävästi. Mikäli kilpailuvoimat ovat vahvat, on alalla menestyminen hankalampaa kuin heikkojen voimien keskellä. (Boddy 2008, 93) Viiden markkinaympäristöön vaikuttavan kilpailuvoiman avulla organisaatiojohto voi kuitenkin analysoida yrityksen tilannetta ja rakentaa tietoon perustuvan strategian. Kilpailuvoimiin pohjautuvan strategian avulla organisaation vahvuudet ja heikkoudet voi suhteuttaa markkinaympäristöön ja siten kehittää strategisia puolustautumiskeinoja kilpailuvoimia vastaan, olivat ne sitten vahvoja tai heikkoja. (Porter 1979, 143–144; Boddy 2008, 93; Viitala & Jylhä 2019) Toisaalta markkinaympäristöön tulee jatkuvasti muutoksia, ja esimerkiksi yllättävät taloudelliset, ympäristölliset tai sosiaaliset kriisit muuttavat toimintaympäristöä perustavanlaatuisesti hyvin lyhyellä aikavälillä (Porter 1979, 143–144; Annarelli & Nonino 2016, 2). Proaktiivisesti varautumalla näihin muutoksiin organisaatiolla on paremmat mahdollisuudet selvitä muutoksista voittajina (Annarelli & Nonino 2016, 2), ja toisaalta yritys voi käyttää muutoksia hyväksi toiminnassaan esimerkiksi erikoistumalla uudenlaisiin tuotteisiin (Porter

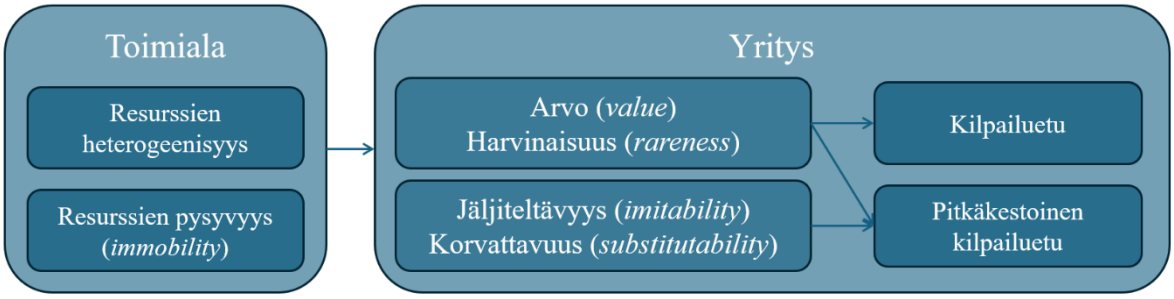
1979, 143–144). Vaihtoehtoisesti organisaatio voi itse aiheuttaa muutoksen markkinaympäristössä esimerkiksi uusien innovaatioiden tai investointien avulla. Erityisesti teknologiseen kehitykseen pohjautuvat innovaatiot edesauttavat uudistumista ja menestymistä markkinoilla, mutta vaativat organisaatiolta myös runsaasti resursseja sekä sopivan ilmapiirin. (Porter 1979, 144; Viitala & Jylhä 2019)

2.1.2 Barneyn resurssiteoria

Barney (1991, 101) määrittelee resurssit organisaation fyysiseksi, henkiseksi ja organisaatiokohtaiseksi pääomaksi. Fyysiseen pääomaan kuuluvat esimerkiksi tuotannon materiaalit ja koneisto sekä organisaation omistamat maa-alueet, kun taas henkinen pääoma pitää sisällään organisaation jäsenten osaamisen, kokemuksen ja tiedon, arviointikyvyn sekä yksilöiden väliset suhteet (Barney 1991, 101; Boddy 2008, 248; Viitala & Jylhä 2019). Organisaatiokohtaisella pääomalla Barney (1991, 101) puolestaan tarkoittaa organisaatiorakennetta, raportointikäytänteitä, suunnittelua, suhteita sekä hallintoa.

Organisaatiot voivat perustaa strategiansa ja kilpailuetunsa omiin kyvykkyyksiinsä eli kriittisiin resursseihinsa (Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1110; Yildiz et al. 2022, 2317). Kehittämällä, uudistamalla ja hankkimalla kyvykkyyksiä aktiivisesti organisaatio voi erottua muista toimijoista (Viitala & Jylhä 2019), mutta resurssienhallinnassa tulee myös ottaa huomioon, että kaikki resurssit eivät välttämättä ole organisaatiolle strategisesti tärkeitä (Barney 1991, 102). Barneyn resurssiteorian (kuva 6) perusolettamuksena onkin se, että resurssit ovat toimialan sisällä heterogeenisiä eli keskenään erilaisia. Myös resurssien pysyvyys, jolla tarkoitetaan mahdollisimman vähäistä resurssisiirtymää yrityksestä tai toimialasta toiseen, on teorian perusolettamuksena. (Barney 1991, 112) Perusolettamukset johtuvat Barneyn (1991, 103–104) mukaan siitä, että täsmälleen sama määrä samankaltaisia resursseja toimialan sisällä ei mahdollistaisi yrityksille minkäänlaisia erottautumismahdollisuuksia ja kaikilla toimijoilla olisi yhtäläinen mahdollisuus saavuttaa täsmälleen samat kilpailuedut. Toisaalta heterogeenisyys myös edellyttää sitä, että organisaatiot pitävät kiinni omista kyvykkyyksistään eivätkä käy niillä aktiivisesti kauppaa muiden toimijoiden kanssa (Barney 1991, 101).

Olennaista teoriassa onkin ydinkyvykkyydet, eli organisaatiolle omintakeiset ja vahvimmat resurssit sekä niiden hyödyntämismahdollisuudet (Boddy 2008, 248; Viitala & Jylhä 2019).



Kuva 6. Barneyn resurssiteoria (mukaillen Barney 1991, 112).

Kun perusolettamukset pätevät organisaation toimialalla, se voi arvioida omia resurssejaan suhteessa muihin toimijoihin. Arviointi tehdään resurssiteorian mukaan neljästä näkökulmasta, joita ovat arvo (*value*), harvinaisuus (*rareness*), jäljiteltävyys (*imitability*) sekä korvattavuus (*substitutability*). Lähtökohtaisesti resurssin tulee aina tuottaa yritykselle ***arvoa*** esimerkiksi siten, että sitä käytetään uhkien neutralisointiin tai uusien mahdollisuuksien hyödyntämiseen. (Barney 1991, 105–106) Arvoa tuottavia resursseja voi tunnistaa esimerkiksi SWOT-analyysilla, jonka avulla organisaatio arvioi omia vahvuuksiaan (*strengths*), heikkouksiaan (*weaknesses*), mahdollisuuksiaan (*opportunities*) ja uhkiaan (*threats*). Analyysia jatkojalostamalla organisaatio voi tunnistaa resurssien tärkeimmät, kilpailuetuja tuottavat piirteet. (Barney 1991, 105–106; Boddy 2008, 190; Juuti & Luoma 2009, 294; Viitala & Jylhä 2019) Esimerkiksi Alkolle valikoiman, kuten viinien, myynnin siirtyminen ruokakauppoihin (Mäkelä et al. 2022) on yksi merkittävimmistä uhkista, sillä se heikentää Alkon monopoliasemaa. Myös alkoholittomuuteen keskittyvä *sober curious* -trendi (uteliaisuus raittiutta kohtaan) tai kasvava kiinnostus vastuullisuutta kohtaan voivat olla Alkolle uhkia, sillä ne pienentävät perinteisten alkoholituotteiden litramyyntiä. Toisaalta ne tarjoavat Alkolle mahdollisuuden kasvattaa sekä kehittää valikoimaa ja siten saavuttaa uusia asiakasryhmiä. (Virranniemi 2022) Alkon vahvuutena puolestaan voisi olla esimerkiksi osaava ja tuotteisiin erikoistunut henkilökunta, joka osaa reagoida kuluttajien muuttuneisiin tarpeisiin sekä huomioida asiakkaan henkilökohtaiset mieltymykset eri tavalla kuin esimerkiksi ruokakaupan henkilökunta. Siten henkilökunnan tietotaito on Alkolle arvoa tuottava resurssi.

Arvon tuottaminen on Boddyn (2008, 7–8) mukaan monimutkaisempi asia kuin Barney (1991) antaa ymmärtää. Liiketaloudellisesta toiminnasta syntyy arvoa organisaation itsensä lisäksi sen sidosryhmille, kuten asiakkaille, ympäröivälle yhteisölle sekä laajemmin koko

toimintaympäristölle, ja joskus arvoa voi myös kadota toimien myötä (Boddy 2008, 7–8). Esimerkiksi edellisessä esimerkkitapauksessa kokonaismyynnin kasvu saattaisi jonkun mielestä luoda arvoa Alkolle organisaationa, mutta Alko (2025) itse näkee kokonaismyynnin sijaan toimintansa merkityksen alkoholihaittojen ennaltaehkäisyssä, kansallisessa valistuksessa ja vastuullisuudessa. Varsinkin tästä näkökulmasta asiantunteva henkilökunta on siis organisaatiolle arvokas resurssi. Toisena esimerkkinä muun muassa tuulivoimaloiden rakentaminen vähentää sähkönkulutuksesta aiheutuvia päästöjä, parantaa energiaturvallisuutta sekä luo työpaikkoja lähiympäristöön. Samanaikaisesti se on monen mielestä esteettinen ja melua aiheuttava riesa, joka aiheuttaa merkittäviä muutoksia paikallisen väestön ja eliöstön elinoloihin. (Energiateollisuus 2025; Kukko-Liedes 2025) Organisaatioiden onkin tunnettava toimintaympäristönsä syvällisesti, jotta se osaisi luoda arvoa haluamilleen sidosryhmille (Bolton et al. 2018, 777).

Ominaisuuksiltaan yleiset resurssit, kuten tuotannon kustomoimattomat koneet tai perusosaaminen, mahdollistavat yrityksen toiminnan mutta eivät tuota sille kilpailuetua, sillä kilpailuetua tuottavan resurssin tulisi olla arvokkaan lisäksi ***harvinainen***. Mikäli kilpailijoiden on lisäksi mahdotonta jäljitellä kyseistä resurssia, tuottaa se pitkäkestoista kilpailuetua. (Barney 1991, 106–107; Boddy 2008, 248; Viitala & Jylhä 2019) Esimerkiksi Finnkinon IMAX-sali Helsingissä on ainoa laatuaan Suomessa (Pölönen 2023) ja siten kansallisesti harvinainen resurssi. IMAX-salitekniikan hankkiminen ei kuitenkaan ole teorian tasolla mahdotonta muillekaan elokuvateatteritoimijoille, eikä sali itsessään siten ole siis pitkäkestoista kilpailuetua tuottava resurssi. Käytännössä tilanne on toki erilainen, ja erityisesti pienille toimijoille taloudelliset resurssit ja maantieteellinen sijainti voivat nousta esteeksi. Siten Finnkinon omistus- ja rahoitusrakenne (organisaatiokohtainen pääoma) sekä toimipaikkojen sijainti pääkaupunkiseudulla (fyysinen pääoma) voivat olla jopa pitkäkestoista kilpailuetua tuottavia resursseja.

Jäljiteltävyyden taso riippuu Barneyn (1991, 107–110) mukaan kolmesta tekijästä. Ensinnäkin ainutlaatuiset toimintaolosuhteet sekä paikan että ajan suhteen ovat voineet avata organisaatiolle mahdollisuuden jäljittelemättömien resurssien luomiselle (Barney 1991, 107). Esimerkiksi pienellä paikkakunnalla harvoin riittää katsojia useampaan kuin yhteen elokuvateatteriin, jolloin ensimmäiseksi saapuvalla on parhaimmat mahdollisuudet rakentaa kestävät suhteet asukkaisiin ja muihin yritystoimijoihin. Tällöin maantieteellinen sijainti, joka usein on elinkeino- ja asukasrakenteeltaan uniikki, tarjoaa elokuvateatteritoimijalle

pitkäkestoisen kilpailuedun. Toisaalta yrityksellä saattaa olla hyvä maine, joka pohjautuu pitkään historiaan ja sen aikana tapahtuneisiin asioihin, jolloin maineen tuomia etuja on mahdotonta jäljitellä (Barney 1991, 115).

Toisena jäljiteltävyyteen vaikuttavana tekijänä Barney (1991) nostaa esiin, että kilpailijat eivät välttämättä ymmärrä resurssin ja sen aiheuttaman hyödyn välistä yhteyttä. Kilpailijat pyrkivät tällöin selvittämään resurssin käyttötapoja esimerkiksi tekemällä kilpailija-analyyseja tai vaikkapa rekrytoimalla tutkittavan yrityksen työntekijöitä. Toisinaan resurssia hallinnoiva yritys ei kuitenkaan itsekään tiedä, minkä vuoksi resurssi tuottaa arvoa, jolloin kilpailijoiden on erityisen vaikea imitoida resurssin tuottamaa kilpailuetua. Lisäksi monimutkaiset sosiaaliset suhteet, jotka Barney nimeää kolmanneksi jäljiteltävyyttä määrittelevä̈ksi tekijäksi, voivat toimia kilpailuetua tuottavana resurssina. Esimerkiksi organisaatiokulttuuri, päätöksentekoprosessi tai yrityksen sisäiset suhteet saattavat olla tällaisia resursseja. (Barney 1991, 107–110, 114) Viitala ja Jylhä (2019) huomauttavat kuitenkin, että kilpailijoiden toiminnan kopiointi voi toisinaan olla eettisesti kyseenalaista ja esimerkiksi patenttien kohdalla jopa laitonta.

Viimeisenä resurssiominaisuutena Barney (1991, 105–106) mainitsee ***korvattavuuden***. Kilpailijayritykset saattavat hallinnoida vaihtoehtoisia resursseja, joilla pyritään saavuttamaan samankaltaista kilpailuetua kuin arvokkaan, harvinaisen ja jäljittelemättömän resurssin omistavalla organisaatiolla on. Kuitenkin myös korvikeresurssien tulisi olla täysin omanlaisiaan uniikkeja kokonaisuuksia, joita muut kilpailijat eivät voi kopioida. Muuten koko toimiala voi lähteä samanaikaisesti lähteä jahtaamaan markkinajohtajaa homogeenisillä resursseillaan. (Barney 1991, 105–106, 111) Esimerkiksi Coca-Colan ja Pepsin dominoimalla virvoitusjuomasektorilla uusien virvokkeiden tulee erottautua joukosta vahvalla brändillä ja omintakeisella maulla. Dr Pepper huomioi toiminnassaan tämän markkinatasapainon ja keskittyi omaan uniikkiin makuyhdistelmäänsä, joiden reseptiä kilpailijat eivät tiedä, ja löysi oman vankkumattoman kannattajakuntansa. (Porter 1979, 143–144)

Tunnistettuaan resurssinsa ja mahdollisuutensa pitkäaikaisen kilpailuedun saavuttamiseen organisaatio voi käyttää niitä pohjana strategisessa suunnittelussaan. Barneyn resurssimääritelmän mukaisesti suunnitteluprosessi sekä sen pohjalta muodostuva strategia voivat itsessäänkin olla yritykselle arvokasta organisaatiokohtaista pääomaa, jota voi käyttää kilpailuedun rakentamisessa. (Barney 1991, 112–114) Toisin sanoen, organisaatio voi käyttää olemassa olevia resurssejaan luodakseen uusia resursseja (strategia) ja siten kasvattaa

mahdollisuuksiaan kilpailuetujen saavuttamisessa. Toisaalta yrityksen täytyy myös strategisesti huolehtia olemassa olevista resursseistaan, jotta se ei menettäisi niitä. Nykyisten resurssien sitouttamisen lisäksi organisaatio voi kehittää uusia resursseja sekä ostaa tai lainata niitä ulkopuolisilta sidosryhmiltä. (Viitala & Jylhä 2019)

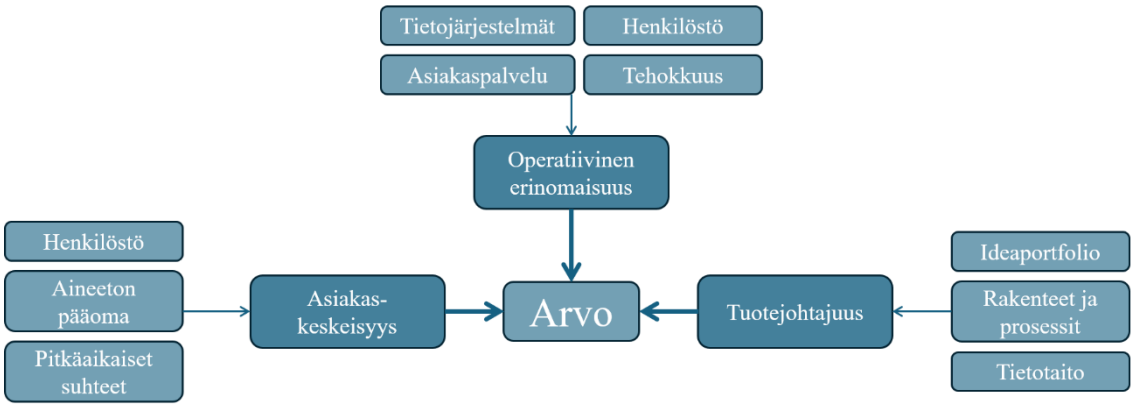
2.1.3 Treacyn ja Wierseman positiointiteoria

Kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttavat hinta, helppous, asiakaspalvelun taso sekä tuotteen laatu (Treacy & Wiersema 1995, 9). Treacy ja Wiersema (1995) alustavat kuitenkin teoriansa toteamalla, että yksikään yritys ei voi menestyä yrittämällä miellyttää kaikkia kuluttajia. Sen sijaan niiden pitää tunnistaa oma uniikki arvonsa, jota ne pyrkivät luomaan valitsemalleen asiakasryhmälle. Arvonluontitapoja on teorian mukaan kolme, jotka perustuvat operatiiviseen erinomaisuuteen eli kustannusjohtajuuteen, asiakaskeskeisyyteen tai tuotejohtajuuteen. (Treacy & Wiersema 1995; Viitala & Jylhä 2019) Saavuttaakseen markkinajohtajan aseman, yrityksen täytyy valita yksi arvonluontitavoista kilpailuvaltikseen ja panostettava siihen intensiivisesti, mutta pitää myös muut arvonluontitavat yrityksen toiminnassa mukana tavalla tai toisella (Juuti & Luoma 2009, 73; Viitala & Jylhä 2019). Treacyn ja Wierseman (1995) mukaan valittua arvonluontitapaa ei tule kuitenkaan pitää strategisena päämääränä vaan se ennemmin on liitännäinen yrityksen missioon ja liikeideaan.

Operatiivisella erinomaisuudella eli kustannusjohtamisella Treacy ja Wiersema (1995) tarkoittavat menestyviä yrityksiä, jotka tuottavat helppoja ja halpoja tuotteita kuluttajille. Kustannusjohtajuus ei positiointiteorian mukaan tarkoita ainoastaan tuotteen halpaa hintaa vaan myös mahdollisimman matalia elinkaarikustannuksia, pitkää käyttöikää sekä asiakkaalle tuotettavaa arvoa. Erinomaisuus edellyttääkin vakioituja toimintatapoja sekä rajattua tuotevalikoimaa, jolloin tuotteiden laatu ja hinta pysyy tasaisena. Myöskin tuotannon tulee toimia tehokkaasti ja toimintojen oltava sujuvia. (Juuti & Luoma 2009, 73; Treacy & Wiersema 1995, 48–49; Viitala & Jylhä 2019) Operatiivisesti erinomaiset organisaatiot ovatkin asiakkaan näkökulmasta helppoja ja nopeita ratkaisuja, joiden toiminnan sekä asiakaspalvelun sujuvuuteen voi luottaa (Treacy & Wiersema 1995, 56; Viitala & Jylhä 2019).

Operatiivisesti erinomaiset organisaatiot pyrkivät tehokkuuteen (kuva 7) virtaviivaistamalla prosessejaan niin, että hukan määrä minimoituu ja yleiskustannukset laskevat. Erityisen tehokkaita prosessien virtaviivaistajia ovat integroidut tietojärjestelmät, joiden avulla ihmisten

ja datalähteiden välinen kommunikaatio on saumatonta. Tietojärjestelmät kehittävät laadun ja kustannusten kontrollia sekä antavat tärkeää tietoa päätöksentekijöille. (Treacy & Wiersema 1995, 51–56) Toisaalta tehokkuus perustuu myös vakioituihin resursseihin ja kaavamaiseen toimintamalliin, jotka pysyvät samanlaisina toimipaikan sijainnista tai asioinnin ajankohdasta riippumatta (Treacy & Wiersema 1995, 58–59). Esimerkiksi jokaisessa McDonald'sin 40 000 ravintolassa voi tilata saman hampurilaisannoksen tietäen, että ruoan ja palvelun laatu on samanlaista kuin muissakin ketjun toimipisteissä (McDonald's 2025).



Kuva 7. Treacyn ja Wierseman positiointiteoria (mukaillen Treacy & Wiersema 1995).

Operatiivisesti erinomaisessa organisaatiossa jokainen työntekijä tietää täsmälleen, mitä hänen tulee tehdä. Työntekijät ovat omistautuneita työlleen ja koulutettuja toimimaan yrityksen toimintamallin mukaisesti. Koko henkilöstö toimii tiiminä samojen ohjeiden mukaan, eikä henkilöstöltä toivota luovia tai yksilöityjä ratkaisuja. Toisaalta hyvin tehdystä työstä palkitaan avoimesti. (Treacy & Wiersema 1995, 50–51) ***Tuotejohtajuus*** perustuu puolestaan täysin erilaiseen henkilöstötarpeeseen, ja tuotejohtajuutta havittelevissa organisaatioissa panostetaan yksilöiden tietotaitoon ja innovatiivisuuteen. Henkilöstöä haastetaan päivittäisessä työssä antamalla heille haastavia ongelmia ja stimuloimalla heidän mielikuvitustaan. Henkilöstön luovaa työtä tukevat joustavat organisaatiorakenteet, vakaat prosessit, kannustava ilmapiiri ja tiimien välinen yhteistyö, mutta myös kokeilut, virheet ja eriävät mielipiteet ovat sallittuja, sillä ne edesauttavat jatkuvaa oppimista. (Treacy & Wiersema 1995, 90–93; Boddy 2008, 436–437; Viitala & Jylhä 2019) Usein innovatiiviset organisaatiot panostavatkin nimenomaan jatkuvaan oppimiseen (Boddy 2008, 343–344).

Innovatiivisen henkilöstön avulla tuotejohtajaorganisaatiot luovat jatkuvalla syötöllä uusia, joukosta erottuvia tuotteita, joiden julkaisua kuluttajat odottavat innolla. Kuluttajien mielenkiinto perustuu tuotekehityksen ylivoimaisuuden lisäksi designiin sekä markkinointiin.

Tuotejohtajat eivät keskity parantelemaan jo olemassa olevia tuotteita elleivät kehitystoimenpiteet luo aidosti uutta arvoa valituille asiakassegmenteille tai lisää tuotteen elinkaarta. Liiketoiminta on tuotejohtajille pitkälti siis tasapainottelua innovaatioiden ja parannusten välillä, samalla etsien ideaportfolioistaan tuottavimmat ja varmimmat ratkaisut sekä osuvimmat markkinaraot. (Treacy & Wiersema 1995, 84, 89–90, 95; Juuti & Luoma 2009, 73) Tuotejohtajuuden rooli positiointiteoriassa on merkittävä, sillä Viitala ja Jylhä (2019) sanovat innovatiivisuuden olevan yleisesti yksi organisaatioiden menestymisen edellytyksistä. Heidän mukaansa vain uudistumalla organisaatiot pysyvät hengissä jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä. Esimerkiksi digitalisaatio ja sen myötä tekoäly ja robotiikka ovat toimineet merkittävänä ajurina innovatiivisuudelle, ja muun muassa 3D-suunnittelu on laajentanut tuotesuunnittelun mahdollisuuksia. Innovaatiot edellyttävät vahvaa tietopohjaa, luovaa ilmapiiriä sekä avointa kommunikaatiota, ja varsinkin nykypäivänä tuotesuunnittelijat työskentelevät nopeatempoisessa ympäristössä paineiden alaisena. Lisäksi pienissä yrityksissä tuotesuunnittelu harvoin on oma osastonsa, toisin kuin suurissa yrityksissä, ja suunnittelu saattaa kuulua monen henkilön tai osaston työnkuvaan. (Viitala & Jylhä 2019)

Yksi tuotejohtajuuden ja innovatiivisuuden tärkeimmistä strategisista perustoista on kunnianhimoinen visio, jonka eteen koko organisaatio tekee töitä. Tuoteinnovaatiot vievät organisaatiota kohti visiota, mutta toisaalta organisaation täytyy käyttää resurssejaan markkinoiden tutkintaan ja valmisteluun. Esimerkiksi huonosti tehty testaus voi aiheuttaa myöhemmin tuotteen elinkaaren aikana lisäkustannuksia sekä vähentää kuluttajien luottamusta yritykseen. Lisäksi mikäli kuluttajat eivät ole valmiita ottamaan visionääristä tuotetta vastaan ja maksamaan siitä tuotteen arvon mukaista hintaa, tuotteen ainutlaatuisuus ei kanna pitkälle. (Treacy & Wiersema 1995, 86–87, 93; Viitala & Jylhä 2019) Kuluttajien lämmintä vastaanottoa voi pohjustaa esimerkiksi näyttävien julkistustilaisuuksien ja markkinointitempausten avulla mutta myös vetoamalla oikeisiin asiakassegmentteihin (Treacy & Wiersema 1995, 86–87; Juuti & Luoma 2009, 73; Viitala & Jylhä 2019). Esimerkiksi Apple, yksi maailman johtavista elektroniikkayrityksistä, on pyrkinyt herättämään kuluttajissa mielenkiintoa teknologisesti innovatiivisten tuotteidensa ja teatraalisten julkistustilaisuuksiensa myötä jo parin vuosikymmenen ajan. Tilaisuuksissa Apple on esitellyt niin iPod-musiikkisoittimia, iPhone-älypuhelimia kuin iOS-käyttöjärjestelmiäkin. (Viitala & Jylhä 2019; Apple 2025)

Tuotejohtajuuden tapaan ***asiakaskeskeiset organisaatiot*** vetoavat tiettyihin asiakassegmentteihin mutta pyrkivät myös rakentamaan pysyvät ja personoidut suhteet kyseisten

asiakkaiden kanssa. Ne tarjoavat ainutlaatuisen ja laajan kattauksen tuotteita sekä palveluita pyrkien varmistamaan, että asiakkaat saavat kaiken tarvitsemansa tuotteista koulutukseen samasta paikasta samalla tuottaen asiakkaalle ylivertaista arvoa. (Treacy & Wiersema 1995, 123, 125–126) Digitalisaation ja globalisaation myötä asiakkaiden valinnanvara ja toimialan sisäinen kilpailu on saanut maailmanlaajuiset puitteet, ja toisaalta myöskin väestörakenteen muuttuminen esimerkiksi ikärakenteiden ja asuinpaikkojen suhteen tulee muokkaamaan ihmisten tarpeita pitkälle tulevaisuuteen (Bolton et al. 2018, 777; Viitala & Jylhä 2019). Asiakaslähtöinen toiminta onkin entistä olennaisempi osa liiketoimintaa, ja asiakaskeskeisen organisaation tavoitteena on tuntea asiakas syvällisesti sekä tunnistaa tämän aidot tarpeet. Tuotteet itsessään saattavat olla markkinoiden keskitasoa uniikkiuden ja laadun suhteen, mutta niiden arvo syntyy räätälöinnistä sekä asiakkaiden ainutlaatuisten ominaisuuksien tuntemuksesta (Treacy & Wiersema 1995, 123, 125–126; Bolton et al. 2018, 777). Asiakaskeskeisen organisaation keskeisiin työkaluihin kuuluvatkin markkina- ja asiakasanalyysit sekä jälkimarkkinointi (Juuti & Luoma 2009, 73) sekä asiakasinformaation kerääminen (Viitala & Jylhä 2019).

Asiakaskeskeiset organisaatiot mittaavat omaa menestystään asiakkaiden menestyksen perusteella ja ottavat osittain vastuuta myös asiakkaan tuloksellisuudesta. Organisaatiot pyrkivät siksi myös kehittämään asiakkaan toimintaa omilla ratkaisuillaan, ja tämän myötä organisaation ja asiakkaan välille syntyy herkästi pitkäikäinen kumppanuussuhde. Tällöin kumppanusorganisaatiot jakavat keskenään sekä riskit että palkkiot. Asiakkaaksi ei kuitenkaan kelpaa kuka tahansa toimija, vaan asiakaskeskeinen organisaatio arvioi potentiaaliset asiakkaat tarkasti asenteen, operatiivisen toiminnan ja taloudellisen tilanteen perusteella. (Treacy & Wiersema 1995, 123–125, 128, 133–137; Viitala & Jylhä 2019)

Treacyn ja Wierseman (1995) mukaan asiakaskeskeisyyden taustalla on tiimi aktiivisia ja sitoutuneita työntekijöitä, jotka ovat valmiita toimimaan oma-aloitteisesti ja joustavasti asiakkaiden tarpeiden mukaan. Työntekijät ovat taitavia työssään ja käyttävät luovuutta keksiessään ratkaisuja, ja heidän taustallaan toimii oppimiseen ja yhteistyöhön kannustava organisaatiokulttuuri. Organisaation tärkein resurssi onkin usein henkinen pääoma, eikä se omista juurikaan aineellisia resursseja. (Treacy & Wiersema 1995, 129–132) Esimerkiksi konsultointiyritykset voivatkin olla usein hyvin asiakaskeskeisiä organisaatioita.

2.2 Operatiivinen johtaminen

Operatiivinen johtaminen koostuu perinteisesti asioiden ja ihmisten johtamisesta, joihin kuuluu muun muassa ***suunnittelua***, ***organisointia*** ja ***arviointia*** (Boddy 2008, 19; Viitala & Jylhä 2019). Johtamiskirjallisuudessa ihmiset on usein nähty organisaatiokoneiston osina, joita on helppo ohjata ja toisaalta myös poistaa toiminnasta tarvittaessa. Nykyisin johtamiskeskusteluissa on vallalla kuitenkin humaanimpi asenne, jossa keskitytään työntekijöiden kannustamiseen ja voimaannuttamiseen (*empowerment*). Muutos on vahvasti liitännäinen työelämän muutoksiin, sillä palveluliiketoiminnan valtavirtaistuminen on nostanut ihmisten merkityksen uudelle tasolle. (Boddy 2008, 21; Viitala & Jylhä 2019) Voimaannuttamisessa keskitytään usein esimerkiksi tarjoamaan työntekijöille laajemmat vaikutusmahdollisuudet työympäristöön, oppimiseen sekä itsenäiseen työskentelyyn (Boddy 2008, 514), ja sen sijaan, että työnteko vaatisi johtajalta jatkuvaa vahtimista, johtamiskirjallisuudessa uskotaan nykyään laajasti ihmisten itseohjautuvuuteen, tavoitteellisuuteen sekä luovuuteen. Ihmisten johtaminen sisältääkin tänä päivänä ennemmin vuorovaikutusta, työntekijöiden sitouttamista ja otollisten olosuhteiden luontia kuin valvontaa, ja autoritäärisen määräämisen sijaan pyritään demokraattiseen osallistamiseen. Keskeisiä kysymyksiä ihmisten johtamisessa on työntekijäkohtaisella tasolla sosiaalinen vastuu eli esimerkiksi riittävän osaamisen varmistaminen, hyvinvoinnin ylläpito ja motivointi. Tärkeitä johtamisen työvälineitä ovat tällöin kysyminen, kuunteleminen ja keskustelu, ja samalla johtamisen tulisi koko organisaation tasolla tuoda selkeyttä yhteisiin tavoitteisiin, mahdollistaa yhteistyö ja toimia pohjana kannustavalle organisaatiokulttuurille. Nykyaikaisen ihmisten johtamisen uskotaan näin ihmisiin keskittymällä parantavan organisaation menestymismahdollisuuksia markkinoilla. (Viitala & Jylhä 2019)

Viitala ja Jylhä (2019) nostavat teknologistuvassa yhteiskunnassa tärkeäksi johtamisen alalajiksi myös itsensä johtamisen, jossa jokainen ihminen tunnistaa omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Hyvällä itsensä johtamisella ihminen pystyy kehittämään omaa työtään ja oppimaan jatkuvasti, minkä vuoksi se on tärkeä osa ihmisten johtamista kokonaisuutena. Jatkuvasti muuttuvassa teknologisessa toimintaympäristössä johtamisen täytyy nojautua ihmisten itseohjautuvuuteen jatkuvan valvonnan sijaan, jotta muutoksiin voidaan reagoida reaaliaikaisesti. Myöskin johtajien itsensä tulee toimia itseohjautuvasti ja kehittää esimerkiksi ihmissuhde- tai liiketoimintataitoihinsa liittyviä kompetensseja. Jatkuva teknologinen

kehittyminen lisäksi edellyttää siis johtajilta jatkuvaa oppimista, ja esimerkiksi robotiikka ja automatiikka ovat jo muuttaneet johtajien työnkuvia yläportaalta ruohonjuuritasolle asti. (Viitala & Jylhä 2019)

Suunnittelussa toimintaa käsitellään sekä lyhyellä että pitkällä aikatähtäimellä. Erityisesti suunnittelulla pyritään vastaamaan kysymyksiin kuten *mitä tehdään* ja *miten tehdään*. (Boddy 2008, 20, 182; Viitala & Jylhä 2019) Erityisen tärkeää on Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan keskittyä siihen, miten tehdään, jotta henkilöstö tekisi tehokkaasti ne asiat, jotka on tarkoituskin tehdä. Kun tavoitteet ja roolit ovat selkeät, työntekijät voivat muokata työtänsä vapaammin vallitsevien olosuhteiden mukaan poikkeamatta organisaation päämääristä sekä ottaa itsenäisesti enemmän vastuuta päämäärien saavuttamisesta. Tietoisuuden lisääntyessä henkilöstö voi myös tehostaa resurssien käyttöä. Hyvin tehty suunnittelu ohjaa työntekijöitä oikeaan suuntaan ja tehostaa toimintaa, ja joskus se vaatii johtajilta pitkäaikaista ja perusteellista perehtymistä toiminnan ajureihin (Boddy 2008, 183; Viitala & Jylhä 2019), mutta toisaalta suunnittelun epäonnistuminen johtaa hukkaan sekä epäjärjestykseen, turhautumiseen ja kommunikaatiokatkoksiin (Boddy 2008, 182–183). Suunnittelun ja sitä seuranneiden toimenpiteiden ***arviointiin*** osallistuu koko organisaatio, ja sen aikana käsitellään onnistumisten lisäksi toiminnan sujuvuutta, tavoitteiden saavuttamista sekä kehitystarpeita. Arviointi toimii koko organisaation kehittymisen ja oppimisen edellytyksenä, sillä tunnistamalla kehityskohdat organisaatio voi tarttua niihin tehokkaammin. (Viitala & Jylhä 2019)

Toimintaa ***organisoitaessa*** työlle määritellään tekijät, ajankohta, paikka sekä työhön käytettävän resurssit, ja lisäksi työ voidaan jakaa toisiaan täydentäviin kokonaisuuksiin, eli toisin sanoen toiminta koordinoidaan. Tällöin turha ja päällekkäinen työ eliminoituu ja päämäärät tavoitetaan järjestelmällisemmin. (Viitala & Jylhä 2019) Usein organisointi ja siihen liittyvät roolit sekä vastuualueet perustuvat organisaatiossa rakennettuihin rakenteisiin, prosesseihin ja järjestelmiin, mutta myöskin esimerkiksi päätöksenteko tai muut hallinnolliset toimet perustuvat sovittuihin prosesseihin. (Boddy 2008, 182; Viitala & Jylhä 2019) Koska organisaatiolla on usein töissä vakituisen henkilöstön ohella osa-aikaisia ja määräaikaisia työntekijöitä, täytyy organisoinnissa huomioida myös erilaisten työntekijäryhmien poikkeavat tuen ja ohjauksen tarpeet (Viitala & Jylhä 2019), ja lisäksi paikkaan ja aikaan liittyvät linjaukset muodostavat johtamiselle omanlaisensa kontekstin (Boddy 2008, 21; Viitala & Jylhä 2019). Esimerkiksi joustavat työajat sekä etätyö ovat muuttaneet organisaatioiden työkulttuuria, kustannusrakenteita sekä henkilöstön työhyvinvointia, mutta vaikutukset eivät ole olleet

ainoastaan positiivisia. Vuorovaikutuksen puute on aiheuttanut haasteita muun muassa sosiaaliseen kanssakäymiseen, oppimiseen, työviihtyvyyteen sekä tiedonkulkuun (Viitala & Jylhä 2019; Suomen tietotoimisto 2025), ja vaikutukset voimistuivat erityisesti koronapandemian myötä (Suomen tietotoimisto 2025).

Toisaalta operatiivisen johtamisen keskiössä on strategian toteuttaminen käytännössä (Boddy 2008, 186; Viitala & Jylhä 2019), mikä voi toisinaan aiheuttaa paljon päänvaivaa henkilöstölle. Vaikeaselkoiset strategiapuheet ja käytännöstä irtautunut käsitys organisaatiosta vieraannuttavat henkilöstön strategiasta, ja erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä strategia saattaa henkilöityä vain yhteen johtajaan. Yksi operatiivisen johtamisen tärkeimmistä tehtävistä onkin motivoida henkilöstöä sekä tuoda strategia osaksi käytännön työtä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi työntekijöiden ohjaamista, prosessien johtamista, päivittäistä esimiestyötä sekä tuotannontekijöiden hankkimista. (Juuti & Luoma 2009, 13; Viitala & Jylhä 2019) Myös yksilöä motivoivien ajureiden selvittäminen kuuluu johtajan tehtävään, sillä ne voivat vaihdella sisäisestä mielenkiinnosta ulkoisiin ärsykkeisiin, kuten palkkaan. Usein kuitenkin sisäiset motivaattorit ovat esimerkiksi palkkaa vahvempia, ja siksi vaikkapa työn mielekkyyteen panostaminen voi parantaa henkilöstön sitoutumista. (Boddy 2008, 500; Viitala & Jylhä 2019)

Useat tekijät asettavat operatiiviselle johtamiselle puitteet. Lisääntynyt monimuotoisuus on rikastanut työyhteisöjä monipuolisuudellaan mutta esimerkiksi kulttuurikohtaiset kysymykset saattavat aiheuttaa haasteita. Aiemmin mainitut organisaation päämäärät ja siihen liittyvät tavoitteet ohjailevat toiminnan suuntaa, kun taas säännöt ja sopimukset asettavat toiminnalle selkeät rajat. Rajojen tiukkuus on riippuvainen sääntelyn luonteesta, ja esimerkiksi lait asettavat toiminnalle ehdottomammat rajat kuin vaikkapa yrityksen perinteet ja organisaatiokulttuuri, jotka itsessään muodostavat vahvat henkiset rakenteet toiminnalle. Toisaalta myös saatavilla olevat resurssit, kuten osaaminen ja materiaalit, määrittelevät johtamisen mahdollisuuksia. Joskus johtaminen on vain yksi osa-alue esihenkilön päivittäisessä työssä muiden vastuualueiden rinnalla, jolloin ajankäytön hallinta tulee olennaiseksi osaksi työnkuvaa. Operatiivista johtamista voikin kuvailla muutosrikkaaksi, reaktiiviseksi ja jopa pirstoutuneeksi työksi vaihtelevien puitteiden ja ympäristön muutosten vuoksi. Erityisenä haasteena on asioiden tärkeysjärjestyksen määrittely ja sen pohjalta tehtävät valinnat. (Viitala & Jylhä 2019)

2.3 Päätöksenteko

Tekemällä päätöksen yksilö, ryhmä, organisaatio tai yhteiskunta sitoutuu toimimaan tai käyttämään resursseja määritellyllä tavalla, esimerkiksi tietyn ongelman ratkaisemiseksi (Boddy 2008, 208). Organisaatiotasoisen päätöksenteon taustalla on arvonluonti yritykselle (Bingham, Bishop, Brody, Bromley, Clark, Cooper, Costanza, Hale, Hayden, Kellert, Norgaard, Norton, Payne, Russell & Suter 1995, 79) sekä otollisimman lopputuloksen löytäminen (Juuti & Luoma 2009, 109), ja se kuuluu olennaisena osana johtamiseen riippumatta siitä, tehdäänkö päätöksiä strategisella vai operatiivisella tasolla. Yleensä organisaatioissa on jaettu selkeä päätösvalta (*authority*), jonka mukaisesti organisaatioissa toimitaan ja tehdään päätöksiä. Päätösvalta voi olla keskitetty, jolloin päätösvalta on keskittynyt ylimmälle johdolle tai tietyille yksiköille, tai hajautettu, jolloin laajemmalla osalla henkilöstöä on mahdollisuus tehdä päätöksiä. (Boddy 2008, 323; Viitala & Jylhä 2019) Hajautettu päätöksenteko on yleistynyt digitalisaation myötä, sillä koko organisaatioon levinneet tietojärjestelmät ovat mahdollistaneet kokonaisvaltaisen tietoon perustuvan päätöksenteon roolista riippumatta (Viitala & Jylhä 2019).

Itsenäisenä kokonaisuutenaan päätöksenteko on prosessi, jonka osia ovat päätöksen, kriteerien ja tavoitteiden määrittely, vaihtoehtojen ja niiden seurausten selvittäminen, valinnan teko sekä toimeenpano. Toimeenpanon jälkeen päätöstä ja sen seurauksia seurataan sekä arvioidaan esimerkiksi erilaisilla mittareilla. (March 1997, 10–11; Boddy 2008, 210–215; Juuti & Luoma 2009, 110; Viitala & Jylhä 2019) Päätösprosessi ei usein etene suoraviivaisesti vaan päätöksentekijät voivat myös palata prosessin aikaisempiin vaiheisiin (Viitala & Jylhä 2019). Päätöksen ja sen tavoitteiden määrittely muodostavat pohjan päätöksenteolle, kun taas kriteerit, kuten kustannukset ja vaikuttavuus, ovat tiiviissä yhteydessä tavoitteisiin ja toimivat vertailukeinona eri vaihtoehtojen välillä. Kriteerien perusteella vaihtoehdot voidaan laittaa paremmuusjärjestykseen, ja siten valinta voidaan tehdä rationaalisesti. Toisinaan päätettävä asia ja sille tarjolla olevat vaihtoehdot voivat olla myös ennestään tuttuja, jolloin prosessi saattaa edetä sujuvasti, sillä vaihtoehtojen löytämiseen ja vertailuun ei kulu aikaa ja resursseja. (Bingham et al. 1995, 81, 83; March 1997, 10–11; Boddy 2008, 212; Viitala & Jylhä 2019) Päätöksentekoprosessin seuraaminen on kuitenkin Binghamin et al. (1995, 83) mukaan tärkeää siksi, että päätökset pysyvät johdonmukaisina ja jokaista vaihtoehtoa käsitellään tasa-arvoisesti.

Usein päätöksenteon rationaalisuus ja objektiivisuus ei kuitenkaan yllä optimaaliselle tasolle (Viitala & Jylhä 2019; Yan et al. 2022, 1111), ja päätöksenteon harhat johtavat toimijat huonoihin päätöksiin. Huonot päätökset puolestaan voivat luoda arvaamattomia häiriöitä organisaation toimintaan, joiden korjaaminen on kallista (Kunath & Winkler 2018, 226; Mirza 2021, 7). Tie kohti huonoa päätöstä voi alkaa jo päätöksentekoprosessin ensimmäisessä vaiheessa eli päätöksen, kriteerien ja tavoitteiden määrittelyssä. Päätöksentekijät eivät usein uskalla kurkotella tähtiin, vaan asettavat organisaatiolle helposti saavutettavia tavoitteita. Tällöin organisaation suoriutuminen ja päämäärät ovat lähellä toisiaan, eikä organisaatio kehity tarpeeksi nopeasti kilpailijoihin nähden. (March 1997, 11–12) Toisaalta päätös-, kriteeri- ja tavoitemääritelmät voivat jäädät monitulkintaisiksi, mikäli organisaation päämäärät ovat epäselvät, päätöksentekijät eivät ole yksimielisiä tai päätöksentekoprosessi ei ole johdonmukainen ja täsmällinen. (Shapira 1997, 4–5; March 1997, 13; Boddy 2008, 220)

Informaation saatavuus on yksi päätöksentekoa määrittävistä tekijöistä (Boddy 2008, 219), ja päätöksenteon tueksi tulisikin etsiä tarpeeksi tietoa etukäteen ennen päätöksen tekemistä (Bingham et al. 1995, 83; Viitala & Jylhä 2019). Kuitenkin Marchin (1997, 22–23) mukaan päätöstä yritetään usein ennemmin perustella jälkikäteen etsittävällä tiedolla sen sijaan, että päätöksentekoprosessiin panostettaisiin etukäteen. Omia päätöksiä pyritään myös vahvistamaan etsimällä päätöstä tukevaa tietoa tutusta toimintaympäristöstä, selkeistä trendeistä ja mieleenpainuvista erityistapauksista. Tällöin ristiriitainen, monimutkainen ja vieraalta tuntuva tieto jätetään huomiotta. (March 1997, 11–12) Toisaalta vaikka uusia ideoita syntyisikin vanhojen päätösten rinnalle, Mirzan (2021, 7) mukaan niiden implementointi kestää kohtuuttoman kauan. Lisäksi puutteet tiedon saatavuudessa ja laadussa heikentävät päätöksentekoa, jolloin hyvät vaihtoehdot saattavat jäädä huomiotta (Kunath & Winkler 2018, 226; Viitala & Jylhä 2019), ja esimerkiksi päätöksen seurausten analysointi saattaa perustua puhtaasti arvailuun ilman minkäänlaista tietopohjaa. Joskus tiedonkulun ongelmana on puolestaan se, että päätöksentekotilanteessa käytävät keskustelut pyörivät epäolennaisten aiheiden ympärillä. Ihmisen analysointitaidoilla on myös rajansa, ja monimutkaiset ilmiöt saatetaan yksinkertaistaa nyrkkisäännöiksi ja tunnusluvuiksi. (March 1997, 11–12, 21–22; Boddy 2008, 220, 227; Grieves 2015)

Päätöksentekoprosessin taustalla piileskelee paljon näkymättömiä tekijöitä, jotka vaikuttavat päätöksen laatuun. Esimerkiksi organisaatiokulttuuri ja -identiteetti sekä perinteet ohjailevat päätöksentekijää pysymään linjassa hyväksi todettujen ratkaisujen kanssa.

Päätöksentekijät kopioivatkin usein toistensa käyttäytymistä ja jakavat vinkkejä toisilleen. Toisaalta päätöksentekijän henkilökohtaiset ominaisuudet lisäävät päätöksenteon subjektiivisuutta, sillä mieltymyksillä, kokemuksilla ja tunteilla on aina vaikutus ihmisen toimintaan, kuten myös velvollisuudentunnolla. (March 1997, 17–19; Viitala & Jylhä 2019) Kunath ja Winkler (2018, 226) nostavat erityisesti epäonnistumisen pelon yhdeksi merkittäväksi päätöksentekijää ohjaavaksi tekijäksi, ja varsinkin epäonnistumista seuraavat mahdolliset rangaistukset aiheuttavat epävarmuutta päätöksentekoon (Shapira 1997, 4–5). Toisaalta van der Aalst et al. (2021, 615) huomauttavat, että ihmisille ominaiset kyvyt, kuten luovuus ja empatia, ovat analyyttisten taitojen ja työkalujen rinnalla yhtä tärkeitä tekijöitä esimerkiksi kriisiajan päätöksenteossa.

Joskus, esimerkiksi päivittäisten operatiivisten päätösten kohdalla, päätöksentekoprosessi voi olla hyvinkin nopea ja pohjautua pitkälti kokemukseen ja intuitioon. Intuitio, eli vaisto tai kokemuksiin perustuva aavistus, ohjaileekin päätöksentekijää melko runsaasti rationaalisen päätöksenteon rinnalla. (Boddy 2008, 216; Viitala & Jylhä 2019) Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan intuitio on tiedostamatonta viisautta, jota ei tulisi jättää huomiotta, mutta kirjallisuudessa on esitetty myös vastakkaisia näkökulmia. Ihmisillä on taipumus toistaa aiempia päätöksiä sekä pohjata uusi päätös vanhaan päätökseen, mikäli tilanne muistuttaa aiempia päätöksentekotilanteita, ja jäädä niin sanottuun polkuriippuvuuteen kiinni. Aiempien onnistumisten perusteella päätöksentekijät saattavat luottaa sokeasti omaan tietotaitoonsa ja kykyynsä hallita markkinaympäristöä, mikä johtaa liialliseen itsevarmuuteen ja riskinottohalukkuuteen. (Shapira 1997, 4–5; March 1997, 11; Boddy 2008, 227–228) Lisäksi intuitioon ja kokemukseen perustuvat päätökset ovat Mirzan (2021, 7) mukaan erityisen herkkiä markkinaympäristön muutoksille, ja sen vuoksi niiden painoarvoon tulisi pyrkiä vaikuttamaan tietoisilla toimilla. Laadukkaan ja riittävän tiedon lisäksi sosiaaliset rajoitteet, kuten normit, sekä avoin kommunikaatio muodostavat tukevan pohjan päätöksentekoprosessille (March 1997, 11). Myös selkeät vastuut, pelisäännöt ja päätöksentekoprosessin läpinäkyvyys lisäävät sidosryhmien luottamusta päätöksentekoon, minkä lisäksi tarvittavien resurssien sitouttaminen prosessiin antaa päätöksenteolle vakaan pohjan. (Kunath & Winkler 2018, 226; Viitala & Jylhä 2019)

Ryhmässä tehtävät päätökset tuovat päätöksentekoon monipuolisuutta ja laajan tietopohjan, minkä lisäksi ihmisten osallistaminen päätöksentekoon lisää sitoutumista päätöksen toimenpanoon. Ryhmäpäätöksenteon yksi erityisriskeistä on kuitenkin ryhmän homogeenisyys eli

päätöksentekijöiden samankaltaiset henkilökohtaiset ominaisuudet sekä taustat. (Viitala & Jylhä 2019) Esimerkiksi kokonaan samanikäisistä miehistä koostuva ryhmä on hyvin todennäköisesti homogeeninen, mutta myös esimerkiksi koulutustausta, etnisyys, tulotaso tai poliittinen vakaumus vaikuttaa ryhmän monimuotoisuuteen. Homogeenisyys on riski päätöksenteolle, sillä se saattaa johtaa kritiikittömään yksimielisyyteen ja konfliktien välttelyyn (Boddy 2008, 232; Viitala & Jylhä 2019), ja ryhmässä olisikin hyvä esittää konsensuksesta poikkeavia mielipiteitä päätöksenteon laadun takaamiseksi. Toisaalta myös ryhmän sisäinen valtadynamiikka ja hierarkia saattavat aiheuttaa kitkaa yhteiseen päätöksentekoon sekä herättää epäluottamusta organisaation toimintaa kohtaan. Arvovaltataistelut puolestaan vievät huomion pois päätöksenteon kannalta olennaisista asioista. (March 1997, 11; Shapira 1997, 4–5; Viitala & Jylhä 2019)

Joskus päätöksentekoprosessissa päädytään tilanteeseen, että tarjolla on vain huonoja päätösvaihtoehtoja. Harvoin mikään vaihtoehdoista nousee joukosta esiin olemalla ylivertainen kaikkien kriteerien kohdalla, jolloin päätöksen lopputuloksen kannalta on erityisen olennaista määritellä tavoitteiden kannalta tärkeimmät kriteerit. Toisinaan organisaatio joutuu kuitenkin valitsemaan huonoista vaihtoehdoista vähiten huonon. (Viitala & Jylhä 2019)

3 Digitaaliset kaksoset

Neljäs teollinen vallankumous on uusine teknologioineen kasvattanut datamääriä sekä kehittänyt teknisten ratkaisujen, kuten automaation, mahdollisuuksia (Serbulova 2021; Ouahabi et al. 2024). Viimeaikaiset tekniset kehitysaskeleet ovatkin muuttaneet yritysten tapaa toimia, ja siirtyminen digitaalisiin liiketoimintaratkaisuihin on jo kovassa vauhdissa. Konseptit, kuten tekoäly ja digitaalinen kaksonen, laajentavat datapohjaisen päätöksenteon mahdollisuuksia samalla, kun teknisten ratkaisujen kustannukset laskevat. (Mirza 2021, 7; Serbulova 2021; Yildiz et al. 2022, 2317) Digitaalinen kaksonen nähdään nykyisin yhtenä avainkonsepteista digitaalisessa transformaatiossa (Schluse, Priggemeyer, Atorf & Rossmann 2018, 1723; Korepin et al. 2024, 691), ja Wang et al. (2024, 167) odottavakin, että seuraavien muutaman vuoden aikana maailmaan rakennetaan satoja miljoonia digitaalisia kaksosia.

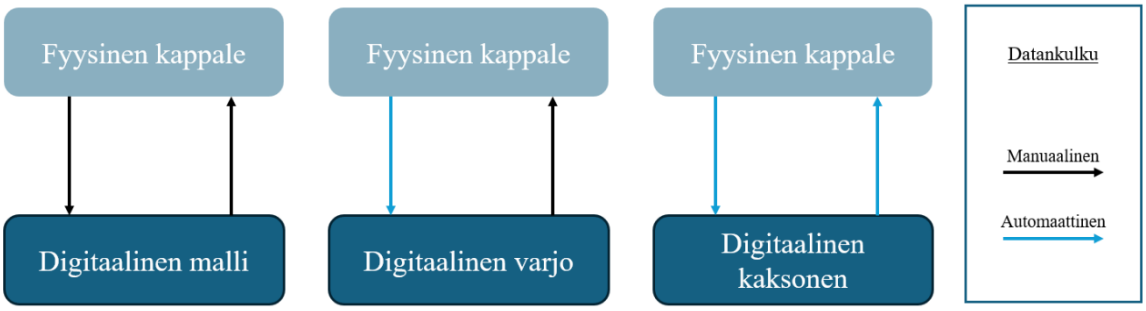
3.1 Määritelmä

Digitaalisen kaksosen käsite syntyi 1960-luvulla, kun National Aeronautics and Space Administration (NASA) rakensi kaksi identtistä avaruusalusta. Toinen aluksista lähetettiin avaruuteen ja toinen, ”kaksonen”, jäi Maan pinnalle. Tällöin NASA:n insinöörit pystyivät simuloimaan avaruuteen lähteneen aluksen olosuhteita Maasta käsin, minkä lisäksi kaksosta käytettiin astronauttien kouluttamiseen. (Boschert & Rosen 2016, 63–64; Allen 2021) Seuraavina vuosikymmeninä yritykset kuten IBM ja Blumenthal tekivät omia aloitteitaan digitaalisen kaksosen käyttömahdollisuuksien laajentamiseksi (Wurm et al. 2021, 557) ja esimerkiksi vuonna 2003 digitaalista kaksosta käytettiin tuotteen elinkaarijohtamisen yhteydessä (Korepin et al. 2024, 691). Konsepti nousi laajemman yleisön tietoisuuteen kuitenkin vasta neljännen teollisen vallankumouksen myötä. Vaikka digitaaliset kaksoset ovat siis konseptina vanha idea, tekninen kehitys on vasta viime vuosina mahdollistanut niiden käytön yritysmaailmassa. (Negri et al. 2019, 292; Liu et al. 2021, 350–351; Ouahabi et al. 2024) Esimerkiksi dataan liittyvät toiminnot ovat kehittyneet niin, että yhä useammalla yrityksellä on mahdollisuus pohjata päätöksentekonsa tietoon, minkä lisäksi teknologiset harppaukset muun muassa simulaation ja sensoreiden alueella ovat edesauttaneet digitaalisten kaksosten

valtavirtaistumista (Serbulova 2021; Wurm et al. 2023, 559; Wang et al. 2024, 167; Ouahabi et al. 2024; Korepin et al. 2024, 691).

Nopean viimeaikaisen kehityksen vuoksi digitaaliselle kaksoselle ei ole saatu vakiintunutta määritelmää kirjallisuuteen (Uhlenkamp, Hauge, Broda, Lütjen, Freitag & Thoben 2022, 69605–69609; Ouahabi et al. 2024; Wang et al. 2024, 167), ja termin sisältö näyttäisi ennemminkin laajenevan (Xin & Wang 2024, 2228). Kuitenkin yleisen ymmärryksen mukaan digitaalinen kaksonen on jonkin fyysisen kappaleen, kuten komponentin tai järjestelmän, digitaalinen rinnakkaiskappale. Fyysinen ja digitaalinen kappale ovat yhteydessä toisiinsa automaattisten datavirtojen avulla, jolloin digitaalinen kappale peilaa reaaliaikaisesti fyysisen kappaleen ominaisuuksia ja senhetkistä olotilaa. (Grieves 2015; Boschert & Rosen 2016, 59, 65; Kunath & Winkler 2018, 227; Negri et al. 2019, 292; Liu et al. 2021, 350–351, 354) Kuitenkin Liu et al. (2021, 350) sekä Uhlenkamp et al. (2022, 69611) huomauttavat, että erityisesti ennen neljättä teollista vallankumousta digitaalisen kaksosen määritelmä oli epätarkempi eivätkä kaikki digitaalisiksi kaksosiksi kutsutut konseptit ole sisältäneet automaattista reaaliaikaista yhteyttä fyysisen ja digitaalisen kappaleen välillä.

Digitaalinen kaksonen poikkeaa vastaavanlaisista konsepteista erityisesti datavirtojen luonteen vuoksi (kuva 8), sillä digitaalinen kaksonen on synkronoitu fyysiseen kappaleeseen. Se siis automaattisesti sekä kerää dataa fyysisestä ympäristöstä että tekee datan perusteella muutoksia fyysiseen ympäristöön. Tällöin kaksonen ikään kuin elää ja muuttuu fyysisen ympäristön mukana. Digitaalinen varjo kerää kaksosen tavoin automaattisesti tietoa todellisuudesta ja pysyy siten synkronoituna fyysiseen kappaleeseen, mutta sillä ei ole kykyä vaikuttaa fyysiseen ympäristöön. Digitaalinen malli on puolestaan ikään kuin kuva fyysisestä kappaleesta tietyllä ajanhetkellä, eivätkä kappaleet kommunikoi keskenään automaattisesti. (Schluse et al. 2018, 1724; van der Aalst et al. 2021, 616; Serbulova 2021; Wurm et al. 2023, 553–554; Lyytinen, Weber, Becker & Pentland 2024, 81) Automaattisuus, reaaliaikaisuus ja kyky muokata ympäristöä ovat siis laajemman tieteellisen konsensuksen mukaan ne avaintekijät, jotka tekevät digitaalisesta kaksosesta omanlaisensa konseptin, vaikkakin Serbulova (2021) huomauttaa joissain yhteyksissä digitaalisesta mallia ja varjoa kutsuttavan myös digitaaliseksi kaksoseksi. Tämä työ kuitenkin käyttää kuvassa 8 esitettyä toimintaperiaatemääritelmää digikaksosnimityksen pohjana, sillä kirjallisuuskatsauksen perusteella se on digitaalisen kaksosen vallitseva määritelmä.



Kuva 8. Digitaalisen kaksosen toimintaperiaate (mukaillen van der Aalst et al. 2021).

Teoriassa digitaalisen kaksosen tulisi kulkea fyysisen kappaleen rinnalla koko sen elinkaaren ajan suunnittelusta käytöstä poistamiseen asti. Samoin kuin fyysinen tuote, myöskin digitaalinen kaksonen kehittyy elinkaaren vaiheen mukaan ja sen rooli kokonaisuudessa voi muuttua. (Schroeder, Steinmetz, Pereira & Espindola 2016, 12; Boschert & Rosen 2016, 66–68; Kunath & Winkler 2018, 229; Liu et al. 2021, 349–351) Digitaalisen kaksosen käyttö yrityksissä on usein kuitenkin vasta lasten kengissä eikä sitä pystytä hyödyntämään kaikissa elinkaaren vaiheissa yhtä tehokkaasti. Esimerkiksi Boschertin ja Rosenin (2016, 67–68) mukaan kaksosen vahvuudet tulevat parhaiten esiin tuotantovaiheessa, ja usein sekä kirjallisuudessa että käytännössä keskitytäänkin tähän vaiheeseen. Tällöin kaksosen rooli erityisesti elinkaaren alku- ja loppuvaiheissa jää vähemmälle huomiolle. (Boschert & Rosen 2016, 67–68; West et al. 2021; Liu et al. 2021, 356; Uhlenkamp et al. 2022, 69605; Holopainen et al. 2024, 1788)

Huolimatta tuotantovaihetta korostavasta kannastaan, Boschert ja Rosen (2016, 67–68) ottaisivat kaksosen huomioon jo fyysisen tuotteen suunnitteluvaiheessa, sillä he näkevät kaksosen ennemmin tuoteominaisuutena kuin itsenäisenä kokonaisuutenaan. Siksi se pitäisi huomioida muiden ominaisuuksien joukossa tuotetta suunniteltaessa (Boschert & Rosen 2016). Toisaalta digitaalinen kaksonen voidaan luokitella myös työkaluksi (mm. West et al. 2021) tai konseptiksi, jonka voi ottaa käyttöön toimialasta tai fyysisen tuotteen ominaisuuksista riippumatta (mm. Liu et al. 2021, 351). Tällöinkin kaksonen on kuitenkin merkittävä apu kokonaisuutta suunniteltaessa (Negri et al. 2019, 300).

3.1.1 Ominaisuudet

Digitaalisella kaksosella tulee olla tarkkaan mietitty arkkitehtuuri (Boschert & Rosen 2016). Sen perustana on ***data***, jonka kaksonen kerää esimerkiksi sensoreiden ja kameroiden avulla,

sekä datasta muodostettava informaatio (Boschert & Rosen 2016, 60; Kunath & Winkler 2018, 227; West et al. 2021; Liu et al. 2021; Uhlenkamp et al. 2022, 69613). Kerättävä data on määrältään sekä laadultaan runsasta ja se muuttaa muotoaan elinkaaren vaiheen mukaan, mikä tekee kaksosen toiminnasta usein monimutkaista ja kallistakin. Datakäsittelyn ongelmien ratkaisemiseksi digitaaliseen kaksoseen on pyritty liittämään uudenlaisia teknologioita, kuten reunalaskenta (*edge computing*) ja 5G, datan esikäsittelyä helpottamaan. Esikäsittelyn myötä prosessiin pyritään saamaan mukaan vain tarpeellinen data, mikä takaisi datan luotettavuuden ja siten mahdollistaisi täsmällisen kommunikoinnin sekä simulaation. (Boschert & Rosen 2016, 67; Schroeder et al. 2016, 13; Kunath & Winkler 2018, 227; Liu et al. 2021, 351)

Mallinnus muodostaa digitaalisen kaksosen rakenteen (Liu et al. 2021, 351) ja se sisältää kaikki digikaksoskokonaisuuden kannalta tärkeimmät kappaleet sekä niiden ominaisuudet (Lyytinen et al. 2024, 81). Fyysisen tuotteen mallinnukseen on monenlaisia vaihtoehtoja 3D-mallinnuksesta prototyyppeihin, ja niiden tehtävänä on peilata fyysisen kappaleen geometrisiä ominaisuuksia sekä kinemaattisia rakenteita. Lisäksi on mahdollista mallintaa prosesseja ja verkostoja, jolloin avainasemassa ovat havainnoitavan kokonaisuuden sisäiset suhteet ja toimintamallit. (Schroeder et al. 2016, 13; Kunath & Winkler 2018, 227; Serbulova 2021; Hu, Qiu, Jing, Tang & Zhu 2023, 2394–2395) Lyytisen et al. (2024, 81) mukaan digitaalisen kaksosen mallinnuksessa tulisi eritoten keskittyä staattiseen malliin, joka kuvaa muun muassa fyysisen kappaleen ominaisuuksia, sekä dynaamiseen malliin, joka kuvaa kappaleen käyttäytymistä. Käyttäytymistä mallinnetaan algoritmeilla ja yhtälöillä, minkä jälkeen malli voidaan kouluttaa esimerkiksi koulutusdatan avulla (Liu et al. 2021, 351; Leonardi & Leavell 2024, 101–102, 106). Kun fyysinen kappale monimutkaistuu, algoritmien määrä kasvaa ja mallinnus vaikeutuu huomattavasti (Leonardi & Leavell 2024, 101–102; Lyytinen et al. 2024, 82), minkä lisäksi eri mallivaihtoehtojen yhteensovitus on usein työlästä (Schroeder et al. 2016, 13).

Mallinnuksen toteutus riippuu käyttäjäryhmästä, sillä digitaalisista kaksosista voidaan haluta monenlaisia tuloksia. Esimerkiksi strategiset ja kilpailulliset tulokset ovat tärkeitä johtoryhmälle, kun taas töiden koordinointi on merkittävä käyttökohde operatiivisessa toiminnassa. Toisaalta digitaalisilla kaksosilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi työntekijöiden tyytyväisyyteen, hankintaketjuun tai kustannusrakenteeseen, mikä on otettava huomioon mallinnuksessa. (Lyytinen et al. 2024, 87–88) Myöskin digitaalisen kaksosen käyttötarkoitus

määrittelee sen mallinnusta, sillä esimerkiksi ennakoiva kunnossapito edellyttää esineiden internetin sisällyttämistä kaksoseen (Korepin et al. 2024, 692), kun taas innovoivien kaksosten tulisi pystyä muun muassa tutkimaan, kokeilemaan, optimoimaan ja kommunikoimaan (Holopainen et al. 2024, 1788).

Kolmas tärkeä ominaisuus digitaalisen kaksosen toteuttamisessa on ***simulaatio*** tai ***synkronointi*** eli digitaalisen ja fyysisen kappaleen välinen reaaliaikainen kommunikaatio (Liu et al. 2021, 351; Uhlenkamp et al. 2022, 69611; Lyytinen et al. 2024, 82). Neljännen teollisen vallankumouksen merkitys digitaalisen kaksosen valtavirtaistumisessa näkyykin voimakkaasti nimenomaan simulaatioteknologioiden kehittymisessä, sillä Patilin, Srivastavan, Paulin ja Dviwedin (2024, 2533) mukaan muun muassa tekoäly, esineiden internet ja pilvipohjaisuus ovat avainasemassa reaaliaikaisen kommunikaation onnistumisen kannalta. Toisaalta kaikkia reaaliaikaisuuden haasteita ei ole onnistuttu vielä ratkaisemaan, sillä Lyytinen et al. (2024, 82) ja Grieves (2015) huomauttavat kommunikaatiossa olevan edelleen pieni virhemarginaali reaaliaikaisuuden suhteen. Lisäksi erityisesti kommunikaation kaksisuuntaisuus eli datan virtaaminen fyysisestä kappaleesta digitaaliseen sekä toisin päin on simulaation kannalta tärkeää, sillä yksisuuntaisen kommunikaation myötä kaksonen jää digitaalisen varjon tasolle. Tällöin kaksosen koko potentiaalia ei saada hyödynnettyä. (Liu et al. 2021, 351; Uhlenkamp et al. 2022, 69611; Ouahabi et al. 2024) Kommunikaatiota voi tapahtua myös digitaalisten kappaleiden välillä niin sanotussa digitaalisten kappaleiden verkostossa, jossa jokainen kaksonen on yhteydessä fyysisen kappaleen lisäksi muihin kaksosiin (Schluse et al. 2018; Uhlenkamp et al. 2022, 69613).

Joidenkin tutkijoiden mukaan simulaatio on digitaalisen kaksosen ominaisuus (mm. Liu et al. 2021, 351), kun taas toiset (mm. Boschert & Rosen 2016, 61) ajattelevat digitaalisen kaksosen itsessään olevan simulaation seuraava sukupolvi eli vain uusi kehitysaskel simulaatioteknologiassa. Ouahabi et al. (2024) puolestaan sanovat digitaalisen kaksosen syntyneen mallinnus- ja simulaatioteknologioiden sekä viestintäteknologioiden yhteentörmäyksen myötä. Syntytavasta ja määritelmästä riippumatta simulaatio tuottaa tietoa fyysisen kappaleen käyttäytymisestä, suoriutumisesta sekä laadusta (Boschert & Rosen 2016, 60; Kunath & Winkler 2018, 227), eli ikään kuin herättää digitaalisen kaksosen eloon (Schluse et al. 2018).

3.1.2 Käyttökohteet ja mahdollisuudet

Digitaaliset kaksoset toimivat digitaalisena vastineena niin fyysisille kappaleille kuin prosesseille ja suurille kokonaisuuksillekin (Lyytinen et al. 2024, 77), ja tieteellisen kirjallisuuden mukaan digitaaliset kaksoset ovat käytössä eri toimialoilla laajalla skaalalla. Esimerkiksi teollisuudessa digitaaliset kaksoset ovat jo laajasti käytössä (Narula et al. 2020; Uhlenkamp et al. 2022; Xin & Wang 2024, 2239), ja rakennusalallekin löytyy jatkuvasti uusia käyttökohteita (Serbulova 2021; Uhlenkamp et al. 2022). Liikenteessä digitaalisia kaksosia voi käyttää niin ilmailussa (van der Aalst et al. 2021; Uhlenkamp et al. 2022; Korepin et al. 2024) kuin merenkulussakin (Bolton et al. 2018; Uhlenkamp et al. 2022; Korepin et al. 2024) sekä autoilu- ja logistiikkapuolella (Uhlenkamp et al. 2022). Lisäksi energiayhtiöt, maatalous ja kaivosteollisuus käyttävät digitaalisia kaksosia (Serbulova 2021; Uhlenkamp et al. 2022; Hu et al. 2023; Xin & Wang 2024, 2239). Ihmisläheisillä aloilla, kuten terveydenhuolto (Serbulova 2021; Elkefi & Asan 2022; Uhlenkamp et al. 2022; Korepin et al. 2024; Xin & Wang 2024, 2239), koulutus (Uhlenkamp et al. 2022; Xin & Wang 2024, 2239) ja vakuutusala (Serbulova 2021), on tehty digitaalisia kopioita jopa ihmisistä.

Digitaalista kaksosta voidaan käyttää fyysisen tuotteen ***suunnitteluun*** esimerkiksi teollisuudessa, rakennusprojekteissa tai kaupunkisuunnittelussa. Tällöin virheet voidaan havaita ja korjata aiemmin kuin tavallisesti säästäen valmistajien aikaa ja rahaa, sillä virheiden korjaus on sitä kalliimpaa mitä pidemmälle rakennustyö on edennyt. Esimerkiksi myös älykkäiden ominaisuuksien implementointi on helpompaa digitaalisen kaksosen avulla. (Serbulova 2021; Korepin et al. 2024, 690) Toisaalta automaation avulla digitaaliset kaksoset voivat itsenäisesti suunnitella fyysisiä kappaleita annettujen parametrien mukaan, jolloin ne parhaimmillaan ottavat huomioon teknisten ratkaisujen lisäksi rahoitukselliset rajoitteet sekä materiaalin optimaalisen määrän (Serbulova 2021). Fyysisten tuotteiden lisäksi digitaalisten kaksosten avulla voidaan suunnitella prosesseja (Lyytinen et al. 2024, 87; Korepin et al. 2024, 698) tai vaikkapa merenkulkureittejä (Korepin et al. 2024, 690).

Digitaaliset kaksoset ovat usein yksinkertaisia ja keskittyvät vain yhteen fyysiseen ominaisuuteen. Nykyään kuitenkin on vireillä organisaatioiden ja jopa kokonaisten valtioiden digitaalista mallinnuksia (van der Aalst et al. 2021, 616; Lyytinen et al. 2024, 87) ja esimerkiksi Rolls-Royce on mukana projektissa, jonka tavoitteena on valmistaa digitaalisia kaksosia laivoille (Bolton et al. 2018, 782). Terveydenhuollon puolella sairaalasta tehty digitaalinen

kaksonen auttaa toiminnan kehittämisessä turvallisella tavalla esimerkiksi hallinnoimalla kapasiteettia, henkilökunnan määrää ja potilasvirtausta (Elkefi & Asan 2022; Korepin et al. 2024, 690). Suomen kunnista Joensuu ja Tampere ovat jo rakentamassa kaupungeistaan 3D-malleja, joiden on tarkoitus kehittyä tulevaisuudessa digitaalisiksi kaksosiksi. Näitä kaksosia käytettäisiin muun muassa sähkönkulutuksen seurantaan, hankkeiden suunnitteluun sekä pelastustyöhön. (Tolvanen 2025; Solja & Salovaara 2025)

Yksi hurjimmista digikaksossuunnitelmista on Euroopan Unionin (EU) käsialaa, sillä se on ilmastonmuutoksen vastaisessa työssään käynnistänyt hankkeita, joiden päätavoitteena on luoda digitaalinen kaksonen Maalle. Kaksosen avulla EU pyrkisi seuraamaan ilmaston kehitystä sekä ennustamaan katastrofien syntypaikan ja -ajan niin tarkasti kuin mahdollista. (Euroopan komissio 2020; Serbulova 2021) Erityisesti isojen kokonaisuuksien, kuten vaikkapa valtion, digitaaliset kaksoset mahdollistavatkin uudella tavalla esimerkiksi rokotteiden jakelun. Kansallisen tason mallinnuksessa digitaalisten kaksosten avulla voisi tunnistaa tartuntapesäkkeet ja rajoittaa taudin leviämistä, kuten esimerkiksi koronapandemian aikaan. (Elkefi & Asan 2022) Toisaalta kaksosen avulla voisi suunnitella veden- ja ruoanjakelua kansallisesti ja kansainvälisesti sekä uusiutuvien energianlähteiden, kuten tuulipuistojen, sijoituspaikkoja. Suuressa mittakaavassa digitaalisen kaksosen avulla voidaan muuttaa siis perustavanlaatuisesti kansainvälistä päätöksentekoa. (Serbulova 2021)

Valvontaan keskittyvä digitaalinen kaksonen tarkkailee fyysisen kappaleen toimintaa sille asetettujen rajojen valossa ja raportoi siitä eteenpäin ihmisille (Grieves 2015; West et al. 2021). Digitaaliset kaksoset pystyvät myös ennustamaan vikoja, mikä mahdollistaa ***ennakoivan kunnossapidon*** (Liu et al. 2021, 355–356; Ouahabi et al. 2024). Esimerkiksi lentokoneiden ennakoiva kunnossapito (Korepin et al. 2024, 690–691) säästää sekä resursseja että parhaimmillaan ihmishenkiä. Toisaalta valvonta voidaan ulottaa seuraamaan myös ihmisten toimintaa, sillä digitaalisilla kaksosilla voidaan Patilin et al. (2024, 2662–2553) mukaan valvoa hankintaketjujen laillisuutta ja eettisyyttä. Tällöin yritysten sosiaalinen ja ympäristöllinen kestävyys on avoimemmin tarkkailtavissa ja esimerkiksi prosessien hiilijalanjäljet paremmin laskettavissa (Patil et al. 2024, 2552–2553; Korepin et al. 2024, 698).

Joillain toimialoilla digitaalisia ratkaisuja käytetään ihmiskehon ja -käyttäytymisen tarkkailuun. Esimerkiksi rahoitus- ja vakuutusaloilla on pyritty luomaan personoituja profiileja yksityishenkilöistä, joiden avulla arvioidaan esimerkiksi luotonmyöntämisen riskejä. (Serbulova 2021) Toisaalta terveydenhuollossa on mallinnettu yksittäisiä elimiä leikkauksia

silmällä pitäen. Sairauden edistymistä ihmiskehossa mallintamalla voidaan suunnitella sekä testata hoitotoimenpiteitä digitaalisesti, minkä lisäksi digitaalisia kaksosia voi hyödyntää sairauksien ennaltaehkäisyssä. (Serbulova 2021; Elkefi & Asan 2022; Korepin et al. 2024, 690) Tällöin erilaiset sensorit ja kontrollit auttavat optimoimaan yksilön ruokavaliota, liikkumista, unta ja henkistä terveyttä. Nykyisillä sensoreilla voidaankin mitata ihmisen ominaisuuksia hämmästyttävällä tarkkuudella, minkä vuoksi digitaalisten kaksosten datankäsittelykyvyt karsintakykyineen nousevat keskiöön. (Elkefi & Asan 2022) Muun muassa Wurm et al. (2023, 556–557) sekä Leonardi ja Leavell (2024, 103) kuitenkin huomauttavat, että ihmistä on toistaiseksi mahdotonta täydellisesti mallintaa, sillä ihminen voi milloin tahansa käyttäytyä odottamattomasti oman vapaan tahtonsa mukaisesti.

Optimointiin keskittyvillä kaksosilla pyritään jatkuvasti kehittämään yrityksen toimintaa, ja kaksonen toimii ikään kuin neuvonantajana päätöksentekijälle. Yleensä optimoiva kaksonen osaa käsitellä sekä kaikki organisaation toimintavaihtoehdot sekä niiden seuraukset, jolloin päätöksentekijä voi arvioida tilannetta mahdollisimman laajasti. (Grieves 2015; West et al. 2021) Tällaista optimointia on esimerkiksi resurssien ja tuotantovirtauksen hallinnointi (Elkefi & Asan 2022), ja toisaalta optimointiin kuuluu fyysisestä ja digitaalisesta ympäristöstä saatavan datan vertailu ja siten esimerkiksi tavoitteen ja todellisuuden välisen kuilun ymmärtäminen (Grieves 2015). Organisaation käytössä oleva data saattaa olla hyvin teknistä ja monimuotoista, jolloin sen ymmärtäminen vaatii laajaa perehtyneisyyttä (Kunath & Winkler 2018, 228), ja ihmiset saattavat myös tehdä virheitä tiedonkäsittelyssä (Grieves 2015; Xin & Wang 2024, 2239). Digitaaliset kaksoset osaavatkin parhaimmillaan esittää vallitsevat olosuhteet datan avulla kattavasti samalla jättäen ylimääräisen tiedon pois, eli kaksonen ikään kuin optimoi tarvittavan datan määrän. Tällöin ihmisen ei tarvitse käyttää aikaansa datan siivoamiseen. (Grieves 2015; Kunath & Winkler 2018, 228)

Holopaisen et al. (2024, 1787–1788) mukaan yritysmaailmassa on tunnistettu digitaalisten kaksosten arvokas rooli ***innovointiprosesseissa***, mutta niiden koko potentiaalia ei ole pystytty vielä hyödyntämään. Digitaalisten kaksosten hyödyt innovaatioihin liittyen liittyvät erityisesti olennaisen informaation tunnistamiseen ja arviointiin, mutta ne pystyvät myös arvioimaan ideoiden sopivuutta tehokkaammin kuin ihminen. Nämä hyödyt tukevat uusien liiketoimintamahdollisuuksien ja tuotteiden luomista. (Holopainen et al. 2024, 1788; Xin & Wang 2024, 2233). Digitaalisia kaksosia voisi myös käyttää esimerkiksi avoimen alustan tavoin, jolloin yritykset yhteistyökumppaneineen voisivat innovoida samanaikaisesti

yhdessä. Avoimena alustana kaksoset mahdollistaisivat kommunikaation sekä datan jakamisen. (Holopainen et al. 2024, 1788) Hu et al. (2023, 2388) toteavatkin, että digitaaliset kaksoset ovat mullistaneet innovaatioympäristön.

Tuotannolla tarkoitetaan kaikkia niitä toimintoja, jotka tarvitaan hyödykkeen luomiseksi (Viitala & Jylhä 2019), ja tuotannon puolella digitaalisia kaksosia käytetään muun muassa aikataulutukseen (Kunath & Winkler 2018, 229–230; West et al. 2021; Ouahabi et al. 2024), tuotanto-olosuhteiden, kuten lämpötilan, hallintaan (West et al. 2021), kustannusten ja hintojen laskemiseen sekä tilausten hallinnointiin (Kunath & Winkler 2018, 229–230). Wangin et al. (2024, 175) mukaan ***seuranta*** ja ***huoltotoimenpiteet*** ovat erityisen keskeisiä teemoja digikaksoskirjallisuudessa, kun taas esimerkiksi ***aikataulutus*** on käyttökohteena vasta yleistymässä. Kuitenkin Serbulovan (2021) mukaan digitaaliset kaksoset tuovat jo nykyisin paljon hyötyjä tuotantoon, sillä reaaliaikainen seuranta mahdollistaa esimerkiksi tuotannon nopeuden ja luotettavuuden paranemisen. Korepin et al. (2024, 695–698) nostavat puolestaan esiin erityisesti yritysten sietokyvyn paranemisen, tehokkuuden lisääntymisen ja kustannusten alenemisen. Myös kilpailukyky ja tuotteiden laatu paranee digitaalisten kaksosten myötä (Serbulova 2021; Korepin et al. 2024, 696–698), ja suuret yritykset käyttävätkin valtavia määriä tutkimusrahoituksestaan nimenomaan digitaaliseen transformaatioon (Korepin et al. 2024, 696).

Yritykset pystyvät paremmin mukautumaan muuttuvan markkinaympäristön tarpeisiin ja vähentämään toimintaan liittyvää epävarmuutta, kun muutokset ovat nopeammin havaittavissa digitaalisen kaksosen avulla. Myös resurssien käyttöä on mahdollista optimoida paremmin, kun muutosten seurausvaihtoehdot ovat tiedossa (Narula et al. 2020, 714; Korepin et al. 2024, 691), mikä lisää yrityksen kustannustehokkuutta (Serbulova 2021). Aamerin, Zadehin, Malin ja Bolickin (2024) mukaan digitaalisia kaksosia voi käyttää projektinhallintaan samalla lailla kuin ylipäänsä organisaation toiminnan hallintaan, sillä digitaalinen kaksonen parantaa projektitiimin kommunikaation reaaliaikaisuutta ja yhtenäisyyttä sekä antaa projektinvetäjälle laajemmat mahdollisuudet reagoida muutoksiin. Myös skenaarioanalyysien teko tukee projektin onnistumista. (Aamer et al. 2024) Skenaarioanalyyseja käsitellään tarkemmin kappaleessa 3.2.

3.1.3 Haasteet

Digitaalisten kaksosten valtavirtaistumisen tiellä on vielä useita ratkaisemattomia ongelmia. Xin ja Wang (2024, 2236–2237) huomauttavat, että digitaalisille kaksosille keksitään usein monenlaisia käyttötarkoituksia, mutta yritystoimijoiden tietotaito ja kaksosten kehittymättömyys estävät vielä toistaiseksi kaksosten täyden potentiaalin hyödyntämisen. Tällöin kaksosia käytetään lähinnä olemassa olevien prosessien kehittämiseen (Xin & Wang 2024, 2237; Holopainen et al. 2024, 1787–1788). Toimijoiden tietotaidon kehittymisen edellytykset ovat yrityksen itsensä käsissä, ja esimerkiksi johdon tuella ja organisaatiokulttuurilla on suuri vaikutus työntekijöiden kouluttautumismahdollisuuksiin. Johdon tuki digitaalisessa transformaatiossa onkin yksi tärkeimmistä edellytyksistä digitaalisten kaksosten implementointiprosessin, ja oikeastaan koko digitaalisen transformaation, onnistumisessa (Narula et al. 2020, 711; Patil et al. 2024, 2551–2552). Organisaation strategian ja tavoitteiden tulee olla linjassa digitaalisen transformaation kanssa (Patil et al. 2024, 2551–2552) ja tukea työntekijöitä muutoksen keskellä, sillä työntekijöiden muutosvastarinta on olennainen este siirtymän tiellä. Lisäksi digitaalisen kaksosen käyttöönotto vaatii tietotaidon lisäksi myös muita resursseja, kuten rahoituksen ja sopivat ohjelmointityökalut. (Serbulova 2021)

Suuria kokonaisuuksia mallintavat digitaaliset kaksoset saattavat olla teknisesti mahdottomia vielä toteuttaa, sillä ihmisen toiminta yrityksen sisällä on vaikeasti mallinnettavissa, ja Lyytinen et al. (2024, 77) sanovatkin suurten digitaalisten kaksosten olevan nykykontekstissa enemmänkin provokatiivisia ideoita tai jopa tieteisfiktiota (*science fiction*). Kaikkea yrityksen sisällä tapahtuvaa toimintaa, kuten väliaikaisia häiriötiloja, ei pystytä luotettavasti havainnoimaan, puhumattakaan ulkoisen ympäristön muuttuvista tekijöistä. Esimerkiksi yritystoimijoiden väliset eturistiriidat tai uuden oppiminen muuttavat vähitellen organisaation sisäistä käyttäytymistä, ja organisaation osien keskinäiset riippuvuussuhteet voivat olla odotettuja laajempia. Näiden ominaisuuksien havainnointi ja mallinnus ei ole kaikessa laajuudessaan mahdollista. (Liu et al. 2021, 358; van der Aalst et al. 2021, 617; Wurm et al. 2023, 556–559; Lyytinen et al. 2024, 87–89, 90; Leonardi & Leavell 2024, 103) Lyytinen et al. (2024, 87) huomauttavat kuitenkin, että havainnointiin liittyvät ongelmat liittyvät perustavanlaatuisesti suuriin digikaksoskokonaisuuksiin, kuten kokonaisen yrityksen digitaaliseen kaksoseen, ja nämä haasteet eivät usein tuota ongelmia esimerkiksi yksittäisen komponentin tai laitteen mallinnuksessa.

Organisaatiokohtaisiksi tuunatut järjestelmät aiheuttavat digitaalisen kaksosen käyttöönottoon usein hankaluuksia arkkitehtuurin, käyttäjäystävällisyyden ja datalähteiden hajanaisuuden vuoksi (Bolton et al. 2018, 785; Korepin et al. 2024, 700; Xin & Wang 2024, 2237), mutta usein järjestelmäarkkitehtuurissa on yhteensopivuuteen liittyviä haasteita ilman digitaalisia kaksosiakin (Viitala & Jylhä 2019). Lisäksi saatavilla olevan datan huonolaatuisuus ja manuaalinen kerääminen ovat usein arkipäivää erityisesti pienissä ja keskisuurissa yrityksissä, jolloin digitaalisen kaksosen käyttöönotto vaatisi suuren määrän resursseja sekä valtavan teknologisen harppauksen yrityksen nykytilanteesta kyberfyysiseen ympäristöön (Kunath & Winkler 2018, 230; Serbulova 2021; Korepin et al. 2024, 698). Yritysten tulisikin määritellä tarkasti, millainen mallinnus on teknisesti mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa toteuttaa (Wurm et al. 2023, 556–559; Korepin et al. 2024, 700; Patil et al. 2024, 2551–2552), mihin tarkoitukseen kaksosta tarvitaan (Bolton et al. 2018, 785; Holopainen et al. 2024, 1789; Korepin et al. 2024, 698–700), mitä hyötyä kaksosesta on (West et al. 2021; Patil et al. 2024, 2551–2552) ja kenen kanssa implementointiprosessi suoritetaan (Korepin et al. 2024, 698–699). Viimeinen kysymys on Serbulovan (2021) mukaan erityisesti henkinen haaste, sillä yritykset ovat huolissaan jäämisestä riippuvuussuhteeseen digitaalisia kaksosia tarjoavaan palveluntarjoajaan, ja sopivia palveluntarjoajia ei välttämättä ole saatavilla. Osa palveluntarjoajista esimerkiksi käyttää termiä *digitaalinen kaksonen* virheellisesti tai käsite ei välttämättä ole määritelty samoin osapuolten välillä. Tällöin yhteistyön tekeminen heidän kanssaan voi johtaa väärinkäsityksiin tai puutteellisiin digikaksosjäljitelmiin (Serbulova 2021). Toisaalta tekemällä yhteistyötä ammattilaisten kanssa yritys saa käyttöönsä laajemman ammattitaidon ja resurssit (Korepin et al. 2024, 698–700).

Laajaa huolta yrityksissä ja yksilöissä aiheuttaa niin ikään tietoturva ja yksityisyydensuoja, kun dataa siirtyy digitaalisen kaksosen myötä yhä enenevissä määrin fyysisestä maailmasta digitaaliseen maailmaan (Kunath & Winkler 2018, 230; Serbulova 2021; Elkefi & Asan 2022; Wurm et al. 2023, 556; Korepin et al. 2024, 700). Esimerkiksi liikesalaisuudet ja muut liiketoiminnan kannalta kriittiset tiedot ovat organisaatioiden erityisen suojelun kohteena, ja tietoturvan pettäminen aiheuttaa toimintaongelmia, mainehaittoja sekä kustannuksia (Viitala & Jylhä 2019). Digitaalisten kaksosten mennessä yhä henkilökohtaisemmalle tasolle esimerkiksi terveydenhuollossa (mm. Serbulova 2021; Elkefi & Asan 2022) turvallisuuden ja yksityisyyden rooli korostuu entisestään, eikä kaikkia väärinkäytösmahdollisuuksia pystytä vielä edes kuvittelemaan (Tolvanen 2025). Ongelmaan on reagoitu jo esimerkiksi Euroopan unionin yleisellä tietosuoja-asetuksella, joka rajoittaa henkilötietojen keräämistä ja säätelee

niiden käyttöä sekä säilyttämistä (Viitala & Jylhä 2019). Joskus yksityinen informaatio päätyy kuitenkin jopa syrjinnän välineeksi, sillä digitaalisten kaksosten algoritmit ovat arvovalintoja tekevien ihmisten tekemiä. Koodaajan uskomukset ja arvot siirtyvät jollain tasolla koodiin mukaan, ellei koodaaja huomioi tätä aktiivisesti työssään, ja kaksonen voi painottaa toimintaansa algoritmien määräämällä tavalla. (Leonardi & Leavell 2024, 108)

Käyttöönoton jälkeen digitaalisten kaksosten toimintaan vaikuttaa Xinin ja Wangin (2024, 2236) mukaan erityisesti kaksosen kehittämättömyydestä johtuva informaation epätarkkuus. Digitaalisten kaksosten toiminta perustuu historia- ja nykyisyysdataan, joiden pohjalta tulevaisuutta voidaan ennustaa (Kunath & Winkler 2018, 227; Liu et al. 2021, 354), mutta yllättävien tilanteiden sattuessa kaksoset usein epäonnistuvat toiminnassaan. Tästä esimerkkinä toimii koronapandemia, jonka aiheuttamiin maailmanlaajuisiin muutoksiin ei osattu varautua. (West et al. 2021; van der Aalst et al. 2021, 615; Liu et al. 2021, 354) Kaksosilla on usein vaikeuksia myös käsitellä kontekstuaalista ja massasta poikkeavaa dataa, mikä voi hidastaa datan käsittelyä sekä johtaa huonoihin tuloksiin (van der Aalst et al. 2021, 615–616). Leonardi ja Leavell (2024, 103) huomauttavatkin, että digitaalisten kaksosten käytettävyys on täysin riippuvaista kaksosen tuottaman informaation yhteensopivuudesta fyysisen maailman tapahtumien kanssa.

Kaksosen toiminta on riippuvaista datan ajantasaisuuden lisäksi mallin ajantasaisuudesta. Mallit vanhentuvat muutosten edessä nopeasti ja kappaleiden välinen synkronisaatio saattaa pettää (Grieves 2015; Lyytinen et al. 2024, 89). Jos mallinnus on alusta asti mennyt pieleen ja esimerkiksi syy-seuraussuhteet ovat jääneet epäselviksi (Lyytinen et al. 2024, 89), on digitaalisen kaksosen luotettava käyttö mahdotonta. Toisaalta yllättävät muutokset murentavat nopeasti mallinnuksen aikana tehdyt olettamukset esimerkiksi organisaation toimintatavoista, jolloin digitaalinen kaksonen eroaa merkittävästi fyysisestä maailmasta (Lyytinen et al. 2024, 92). Myös vaikkapa mallissa määritelty datan keräämisen tiheys voi merkittävästi vaikuttaa kaksosen toimintaan, mikäli yritys tarvitsee informaatiota reaaliaikaisemmin kuin kaksoselle on mahdollista tietoa tuottaa (Serbulova 2021; Lyytinen et al. 2024, 90). Käyttäjien tulisi kuitenkin voida luottaa siihen, että digitaalisen kaksosen tuottama kuva on luotettava ja sopii yhteen fyysisen todellisuuden kanssa (Leonardi & Leavell 2024, 101).

Leonardi ja Leavell (2024, 108) toteavat, että liian vähäisen luottamuksen lisäksi liiallinen luottamus digitaalisen kaksosen toimintaan voi olla haitaksi. Jos käyttäjät ottavat kaksosen tuottamat päätösvaihtoehdot itsestäänselvyyksinä, he eivät pyri aktiivisesti kehittämään

mallia tai etsimään uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tällöin digitaalisen kaksosen koko potentiaali jää käyttämättä. Lisäksi digitaalisen kaksosen ehdottamat päätökset alkavat ajan myötä kasautua, sillä tulevat päätökset perustuvat usein aiempiin päätöksiin. (Leonardi & Leavell 2024, 108–109) Yritykset jäävät tällöin siis polkuriippuvuuteen kiinni.

3.2 Digitaaliset kaksoset johtamisessa ja päätöksenteossa

Mirza (2021, 7) huomauttaa, että teknologiset ratkaisut ja niiden avulla tuotettu informaatio ovat parantaneet yritysten toimintamahdollisuuksia erityisesti dynaamisen toimintaympäristön sekä sen tuomien haasteiden kohdalla. Esimerkiksi digitaaliset kaksoset keräävät, analysoivat ja varastoivat dataa fyysisestä ympäristöstä ja siten antavat tukevan pohjan tietoon perustuvalle päätöksenteolle. Koostaessaan historia-, nykytila- ja tulevaisuusdataa digitaaliset kaksoset muodostavat kokonaisuuden, joka kuvailee yrityksen toimintaympäristöä laajaalaisesti ja siten auttaa päätöksentekijöitä ymmärtämään organisaation tilannetta paremmin. Näin he voivat tehdä esimerkiksi parempia optimointipäätöksiä. (Liu et al. 2021, 352, 354) Kirjallisuudessa on kuitenkin kyseenalaistettu digitaalisten kaksosten tiedonsaannin riittävyys, ja esimerkiksi West et al. (2021) nostavat esiin tilanteita, joissa datalähteet, tiedonkäyttäjät ja käyttötapaukset ovat digitaalisille kaksosille epäselvät. Tällöin johtajilla saattaa olla kaksosia laajempi empiirinen näkemys toiminnan luonteesta, joka toisaalta pohjautuu pitkälti subjektiivisiin käsityksiin esimerkiksi päätösten seurauksista (West et al. 2021; Yan et al. 2022, 1108). Päätöksentekoprosessi toimisikin parhaiten ihmisen ja digitaalisen kaksosen yhteistyönä, jolloin kaksonen tarjoaisi päätöksentekijöille päätösvaihtoehtoja tai -suosituksia seurausanalyyseineen, joiden perusteella ihminen tekee lopullisen päätöksen organisaation tavoitteiden mukaisesti (Kunath & Winkler 2018, 226; West et al. 2021).

Välttääkseen informaation puutteesta johtuvia virheitä ja osatakseen tehdä laajoja tietoon perustuvia suosituksia, digitaalisen kaksosen tulisi olla integroituna organisaation tietojärjestelmiin (Kunath & Winkler 2018, 228), ja toisaalta tietojärjestelmien integrointi toisiinsa on ajankohtainen aihe muutenkin johtamiskirjallisuudessa (mm. Viitala & Jylhä 2019). Esimerkiksi Mirza (2021, 8) integroisi kaksosen kaikkiin organisaation järjestelmiin, mukaan lukien esimerkiksi kirjanpito-, henkilöstö- ja myyntijärjestelmät. Virtuaalisessa maailmassa kaikkiin näihin osa-alueisiin liittyvät päätökset voidaan arvioida simulaatioin ja skenaarioanalyysein aiheuttamatta haittaa, hukkaa ja kustannuksia fyysisessä todellisuudessa.

Toisaalta skenaarioita voi myös vertailla fyysisestä todellisuudesta kerättävään dataan, jolloin toiminnan suunnan korjaaminen on tehokkaampaa. (Yan et al. 2022, 1108, 1110)

Digitaalisten kaksosten myötä lisäksi päätöksenteon tehokkuus kasvaa, ja myös ryhmän kommunikaation ja yksimielisyyden voidaan nähdä lisääntyvän virtuaalisavusteisen johtamisen myötä, kun taas subjektiivisuus ja harhat usein vähenevät. (van der Aalst et al. 2021, 616; Serbulova 2021; Yan et al. 2022, 1110) Virtuaalisuuden lisäksi West et al. (2021) nostavat visualisoinnin, eli tärkeimpien mittareiden esittäminen graafisessa muodossa, tärkeäksi datapohjaisen päätöksenteon työkaluksi, sillä visuaaliset ärsykkeet välittävät tehokkaasti tietoa. Visuaalisuus tuo lisäsyvyyttä päätöksentekoon erityisesti monimutkaisissa toimintaympäristöissä, minkä lisäksi tietoa on helpompi kertoa tai siirtää eteenpäin visuaalisessa muodossa. Digitaalisia kaksosia voikin hyödyntää visualisoinnissa erityisesti tiedon tiivistämisessä sekä skenaarioanalyysien tulosten esittelyssä ja toisaalta myös kokonaisuuden hallinnassa. (Grieves 2015; Mirza 2021, 7; Yan et al. 2022, 1111)

Digitaalisia kaksosia voi käyttää niin strategiseen kuin operatiiviseenkin johtamiseen ja päätöksentekoon (West et al. 2021; Yan et al. 2022, 1104). Seuraavissa kappaleissa käydään läpi erilaisia keinoja hyödyntää digitaalisia kaksosia johtamisessa ja päätöksenteossa erityisesti aiemmin käsiteltyjen viitekehyksien valossa.

3.2.1 Digitaaliset kaksoset, strateginen johtaminen ja päätöksenteko

Digitaalisen kaksosen avulla organisaatio voi siirtää toimintaympäristönsä fyysisestä maailmasta virtuaaliseen, jossa käsitteellistäminen, vertailu ja yhteistyö onnistuvat tehokkaammin (Grieves 2015). Tällainen virtuaalinen maailma tai *strateginen digitaalinen kaksonen* saa datansa organisaation tietojärjestelmistä ja kykenee siksi ottamaan huomioon niin resurssit, ihmiset kuin prosessitkin (Mirza 2021, 8; Yildiz et al. 2022, 2331). Lisäksi kaksonen voi tehokkaasti hyödyntää ulkoista tietoa, kuten kilpailun ja kysynnän, annetun palautteen sekä toiminnassa esiintyvät poikkeustilanteet, kun taas ihminen toimii datan sijaan monesti subjektiivisten näkemysten pohjalta (Mirza 2021, 8; Yan et al. 2022, 1108).

Digitaalinen kaksonen voi toimia alustana yhteistyölle sekä mahdollistaa nykytilanteen ja tavoitetilan eli vision välisen vertailun (Grieves 2015). Se tarjoaa parhaimmillaan välittömiä ja täsmällisiä vaihtoehtoja jatkuvasti muuttuvassa toimintaympäristössä, ja sopii siksi

erityisen hyvin strategiseen johtamiseen (West et al. 2021; Yan et al. 2022, 1095). Korepin et al. (2024, 699) korostavatkin erityisesti digitaalisten kaksosten roolia kilpailukyvyn ylläpitämisessä, hallinnon kehittämisessä sekä resurssienhallinnassa. Kilpailukyvyn ylläpitäminen muuttuvassa toimintaympäristössä voi tarkoittaa esimerkiksi Porterin (1979) viiden kilpailuvoiman mallin sekä digitaalisten kaksosten integroimista, tai vaihtoehtoisesti yritys voi arvioida ja muovata sisäisiä kyvykkyyksiään kaksosen (mm. Mirza 2021, 9; Yan et al. 2022, 1110; Yildiz et al. 2022, 2317) sekä esimerkiksi Barneyn (1991) resurssiteorian avulla.

Itse digitaalinen kaksonen voi myös olla yritykselle kilpailuetua luova resurssi, sillä löytäessään ainutlaatuisia tapoja käyttää digitaalista kaksosta esimerkiksi koneoppimisen kautta organisaatio voi luoda itselleen jopa pitkäkestoista kilpailuetua (Korepin et al. 2024, 698–699). Barney (1991, 114) kuitenkin huomauttaa, että laitteet tai työkalut eivät usein itsessään ole kilpailuetua tuottavia resursseja, ja koska digitaalinen kaksonenkin voidaan luokitella työvälineeksi (mm. West et al. 2021), se ei siis välttämättä lähtökohtaisesti itsessään ole arvokas resurssi yritykselle. Vasta kaksosen käyttötapa ja sen tuottama informaatio siis määrittelevät sen arvon yritykselle, ja toisaalta organisaation tulee käyttää kaksosten tuottamaa tietoa arvoa luovalla tavalla (Yan et al. 2022, 1109). Lisäksi digitaalisen kaksosen käyttöönotossa tulee tunnistaa digitaalisen kaksosen toiminta-alue (Holopainen et al. 2024, 1789) ja ne ongelmat, jotka sen halutaan ratkaisevan. Tällöin digitaalinen kaksonen osallistuu keskeisesti strategiseen arvonluontiin eikä se ole vain yksi teknologinen trendi, jonka mukaan hypätään mutta jota ei oikeasti osata käyttää. (West et al. 2021)

Digitaalista kaksosta voi käyttää strategian kehittämisessä skenaariotyökalujen avulla. Analysoidessaan erilaisia skenaarioita, esimerkiksi eri strategioiden toteutumismahdollisuuksia, päätöksentekijät voivat varmemmin ja selkeämmin arvioida vaihtoehtojen seurauksia. Digitaalinen kaksonen voi siis toimia neuvonantajana niin strategian kehittämistyössä kuin ylipäätänsä toiminnan suunnittelussakin. (Kunath & Winkler 2018, 226; West et al. 2021; Mirza 2021; Aamer et al. 2024) Digitaalinen kaksonen voi esittää jokaisen vaihtoehdon edut ja haasteet sekä antaa suosituksia toimintaympäristöön ja organisaation tavoitteisiin perustuen (Kunath & Winkler 2018, 226), jolloin organisaatiojohto voi valita yrityksen kannalta kätevimmän markkinaraon (Porter 1979), tunnistaa tärkeimmät resurssit (Barney 1991) tai löytää parhaimman arvonluontitavan (Treacy & Wiersema 1995) digitaalisen kaksosen avulla. Esimerkiksi digitaalisen kaksosen käyttäminen uudenlaisten asiakaskokemusten luojana (Bolton et al. 2018, 784–785; Holopainen et al. 2024, 1787) voi mahdollistaa

organisaatiolle polun kohti Treacyn ja Wierseman (1995) asiakaskeskeisyyttä. Toisaalta digitaalisen kaksosen käyttäminen avoimena innovointialustana ja simulointityökaluna (mm. Holopainen et al. 2024) tai tuotesuunnittelun tukena (mm. Korepin et al. 2024) tukevat tuotejohtajamaista ajattelua, jossa jatkuvat innovaatiot ovat edellytys kilpailukyvyn ylläpitämiselle. Koska digitaalinen transformaatio nähdään yhtenä innovaatioita eteenpäin ajavana tekijänä (Yan et al. 2022, 1096), digitaaliset kaksoset voisivat olla tehokas työkalu tuotejohtajamaisille organisaatioille. Toisaalta ne voivat myös yhdessä tietojärjestelmien kanssa mahdollistaa kustannusjohtajuuden, sillä Treacy ja Wiersema (1995) korostavat laajan tietopohjan ja -järjestelmien roolia operatiivisesti erinomaisissa yrityksissä.

Innovatiivisuuden ja digitaalisten kaksosten välistä yhteyttä voi ajatella toisinkin päin. Sen sijaan, että teknologinen kehitys digitaalisine ratkaisuineen johtaisi innovaatioiden lisääntymiseen, voivat innovaatiot myös johtaa teknologiseen kehitykseen yritysten sisäisten prosessien kohdalla (Yan et al. 2022, 1095). Esimerkiksi uusien käyttötarkoitusten kehittäminen digitaalisille työkaluille voi nostaa digitaalisten kaksosten mahdollisuudet yrityskontekstissa täysin uudelle tasolle ja myös siitä irti saatavat hyödyt voivat parantua. Tällainen ajattelumalli voisi siis antaa olettaa, että valmiiksi innovatiiviset yritykset, eli Treacyn ja Wierseman (1995) tulkitsemat tuotejohtajat, voisivat olla muita valmiimpia käyttämään digitaalisia kaksosia ja löytää niille uusia käyttökohteita. Lisäksi Uhlenkamp et al. (2022, 69606) toteavat, että digitaalisten kaksosten kehitys on jatkuvaa oppimis- ja kehittämistyötä, minkä vuoksi ne olisivat luonnollinen osa innovatiivista organisaatiota.

3.2.2 Digitaaliset kaksoset, operatiivinen johtaminen ja päätöksenteko

Kunathin ja Winklerin (2018, 228) mielestä digitaalista kaksosta voi hyödyntää operatiivisessa johtamisessa ainoastaan silloin, jos se pystyy nopeaan ja reaaliaikaiseen päätöksentekoon, ja Westin et al. (2021) mielestä digitaalinen kaksonen on liian hidas tekemään operatiivisia, nopeita päätöksiä. Kuitenkin operatiiviseen johtamiseen, kuten työn suunnitteluun, halutaan usein digitaalisia ratkaisuja, ja esimerkiksi teollisuussektorilla halutaan digitaalisia ratkaisuja apuun tuotannon johtamista koskevissa kysymyksissä (Korepin et al. 2024, 690–691). Useat tutkijat (mm. Negri et al. 2019; Yan et al. 2022) ovatkin todenneet kaksosista olevan hyötyä myös operatiivisella puolella, sillä niistä on apua esimerkiksi päivittäisessä tuotesuunnittelutyössä ja innovoinnissa. Digitaalisilla kaksosilla voi esimerkiksi optimoida

fyysisen kappaleen, kuten koneen, toimintaperiaatteet sekä käytettävyyden erityisesti suunnitteluvaiheessa, mutta myös muissa elinkaaren vaiheissa. (Negri et al. 2019, 300) Yanin et al. (2022, 1103–1108) tapaustutkimuksessa digitaalista kaksosta käytettiin puolestaan uusien työntekijöiden rekrytoinnissa, jossa ulkoiset ärsykkeet, kuten asiakkaiden määrä, käynnistivät rekrytointiprosessin.

Digitaalisia ratkaisuja, kuten digitaalista kaksosta, voi käyttää esimerkiksi ennustamiseen, ja toimintaympäristön sekä asiakasvaatimusten muutoksiin reagointi on tällöin tehokkaampaa (Korepin et al. 2024, 698). Lisäksi automaatiota hyödyntämällä digitaalista kaksosta on mahdollista käyttää myös nopeatempoisessa päätöksenteossa, mikäli sen sallitaan etsiä itsenäisesti optimaalinen ratkaisu ja mahdollisesti myös toteuttaa ratkaisu käytännössä. Tällöin esimerkiksi häiriöt tuotantotiloissa voidaan ratkaista reaaliaikaisesti ja nopeasti. Optimaalisen ratkaisun tulee tällöin perustua simulaatioon, skenaarioanalyyseihin, organisaation päämääriin ja tavoitteisiin sekä fyysisen kappaleen nykytilaan. Lisäksi automatisoidun päätöksentekoprosessin tulisi olla helposti seurattava ja läpinäkyvä eikä sen toiminta saa aiheuttaa lisähäiriöitä. (Kunath & Winkler 2018, 226–228; Yan et al. 2022, 1110) Nopea simulaatiotahti vaatii kuitenkin reipasta datan siivoamista, jotta jäljelle jäisi vain niin sanottu ratkaiseva informaatio (Bingham et al. 1995; Kunath & Winkler 2018, 226–227).

Digitaaliset kaksoset toimivat muiden teknisten työkalujen tavoin ihmisten rinnalla päivittäisessä työssä. Kaksoset ovat usein ihmistä tehokkaampia monissa tehtävissä, kuten vertailussa, ja ne voivat suorittaa vaarallisia tehtäviä turvallisemmin kuin ihmiset (Grieves 2015; Ouahabi et al. 2024). Digitaaliset kaksoset vapauttavat ihmisiä kriittisiä ajattelua ja luovuutta vaativiin tehtäviin sekä havainnoimaan koneiden ulottumattomissa olevaa tietoa. Ihmiset voivat esimerkiksi usein arvioida trendejä ja poikkeustapauksia kriittisemmin kuin koneet. Tästä syystä ihmisen ja koneiden yhteistyö tulee tutkijoiden mukaan vakiintumaan operatiivisessa toiminnassa entisestään, ja yhteistyöhön liittyy kiinteästi ihmisen luovuuden sekä älyn yhdistäminen uusiin teknologisiin ulottuvuuksiin. (Ouahabi et al. 2024)

4 Tutkimusmenetelmät ja -aineisto

Tämä tutkimus tehdään laadullisena tapaustutkimuksena, jossa analysoidaan ja vertaillaan viittä päijäthämäläistä yritystoimijaa. Tutkimusmenetelmäksi valikoitui laadullinen tutkimus, sillä sen avulla voidaan tutkia ilmiön, tässä tapauksessa digitaalisten kaksosten, käyttömahdollisuuksia ja -haasteita syvällisemmin kuin määrällisessä tutkimuksessa (mm. Eriksson & Kovalainen 2016). Koska digitaaliset kaksoset ovat yritysmaailmassa suhteellisen uusi konsepti, voidaan siihen liittyviä käyttötapauksia ja epävarmuuksia lähestyä laadullisin tutkimusmenetelmin laajalla otteella. Lisäksi useamman tapauksen tapaustutkimuksessa voidaan löytää tapauksia yhdistäviä tai erottavia teemoja, jotka laajentavat aiempaa kirjallisuutta yhden tapauksen tutkimista laajemmin (Eriksson & Kovalainen 2016, 136).

4.1 Laadullinen tapaustutkimus

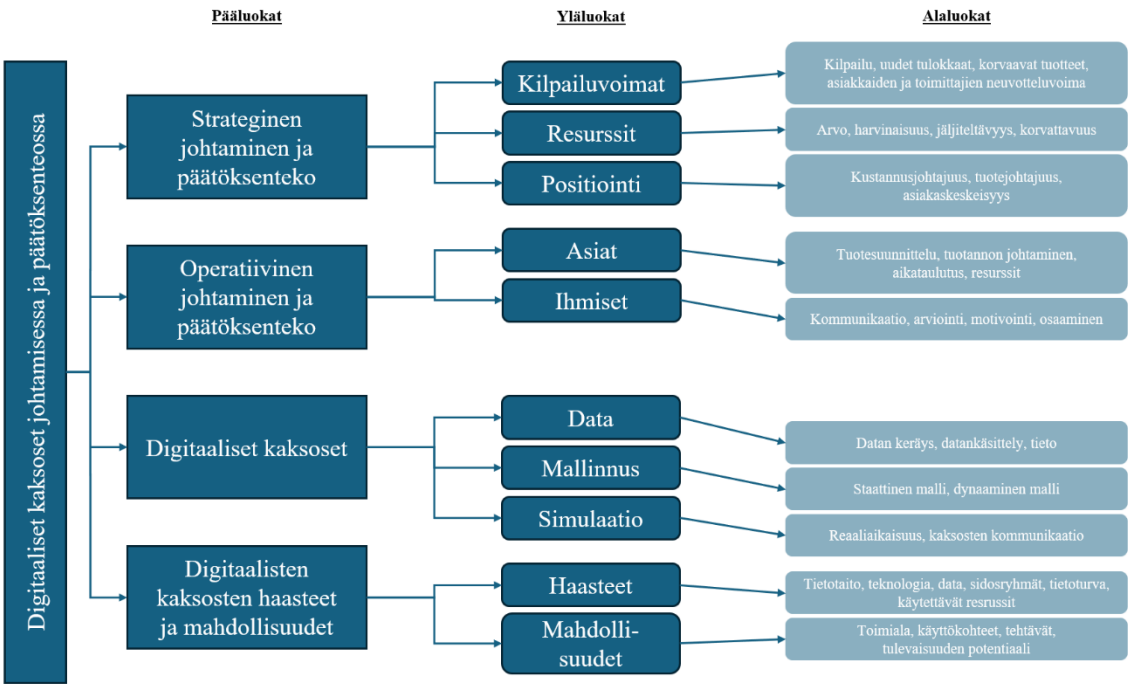
Laadullisella eli kvalitatiivisella tutkimuksella tarkoitetaan tutkimusta, jossa ei pääsääntöisesti käytetä numeerista dataa eikä tilastollisia analyyseja (Strauss & Corbin 1998, 10–11; Eriksson & Kovalainen 2016, 82). Sen sijaan laadullisessa tutkimuksessa hyödynnetään esimerkiksi haastatteluin kerättyä aineistoa, joka kuvaa muun muassa haastateltavan kokemuksia ja tunteita tai vaikkapa kulttuuri-ilmiöitä ja sosiaalista liikehdintää (Strauss & Corbin 1998, 10–11). Laadullinen tutkimus pyrkii tulkitsemaan ja ymmärtämään monimutkaisia ilmiöitä annetussa kontekstissa sekä esimerkiksi syventämään määrällisen tutkimuksen, eli numeeriseen dataan perustuvan tutkimuksen, tuloksia (Eriksson & Kovalainen 2016, 4–5).

Laadullinen tutkimus koostuu kolmesta vaiheesta, eli datan keräyksestä, datan analysoinnista sekä tulosten raportoinnista (Strauss & Corbin 1998, 11–12; Elo et al. 2022, 219). Tutkimusta varten voidaan kerätä niin sanottua primääridataa, jonka tutkija kerää itse omaa tutkimustaan varten esimerkiksi haastattelemalla tai havainnoimalla tilanteita. Haastatteluiden eteneminen riippuu haastattelumuodosta, sillä esimerkiksi strukturoidussa haastattelussa käytetään samoja vakioituja kysymyksiä jokaisessa haastattelussa, kun taas strukturoimattomassa haastattelussa keskustelu kulkee vapaasti annetun kontekstin sisällä mihin suuntaan tahansa. Puolistrukturoitu haastattelu puolestaan käsittelee sovittuja teemoja ja kysymyksiä, mutta sisältää vapaampia sanamuotoiluja kuin strukturoitu haastattelu. (Eriksson &

Kovalainen 2016, 82, 93) Koska tämän tutkimuksen haastattelukysymykset olivat vakioidut mutta haastatteluissa haluttiin antaa mahdollisuus tuoda esiin myös muita tapauskohtaisia, aiheeseen liittyviä teemoja, käytettiin tässä tutkimuksessa puolistrukturoitua haastattelua.

Sekundaarinen data koostuu jo olemassa olevista tietolähteistä, kuten sanomalehtiartikkeleista, tv-ohjelmista tai päiväkirjoista (Eriksson & Kovalainen 2016, 82). Laadullinen aineisto onkin luonteeltaan todella moniulotteista ja monimutkaista, ja osa aineistosta jää usein hyödyntämättä tulkintatavoista ja litteroinnista riippuen (Alasuutari 2011, 84–85). Tapaustutkimuksissa käytetään useita datalähteitä, joskus laadullisia ja määrällisiä sekaisin, sillä sen nähdään monipuolistavan ja rikastuttavan tutkimusta. Aineisto kasataan tällöin tapauksittain niin sanottuun tapausrekisteriin, joka sisältää kaiken tapaukseen liittyvän tiedon esimerkiksi kronologisessa tai temaattisessa järjestyksessä. (Eriksson & Kovalainen 2016, 138–139) Tässäkin työssä on hyödynnetty sekundaarista dataa, joka on kerätty muun muassa tapausyritysten verkkosivuilta sekä yrityksiä käsittelevistä lehtiartikkeleista. Tämä data tuki haastattelujen antamaa tietoa sekä laajensi ymmärrystä yritysten toimintaympäristöstä sekä liiketoiminnasta.

Analyysivaiheessa aineistoa voidaan käsitellä teorialähtöisesti eli deduktiivisesti tai aineistolähtöisesti eli induktiivisesti. Deduktiivinen lähestymistapa pohjautuu olemassa olevaan kirjallisuuteen sekä sen rakentamaan luokittelurunkoon (kuva 9) ja vallitseviin teemoihin. Induktiivisessa lähestymistavassa tutkimuksen luokittelurunko ja tutkimuskysymykset muodostuvat kerätyn aineiston perusteella, ja se nähdään erityisen sopivana analyysimenetelmänä vähän tutkittujen aiheiden käsittelyssä. (Eriksson & Kovalainen 2016, 140; Elo et al. 2022, 218–219) Tässä työssä käytetään aiempaa kirjallisuutta analyysin pohjana, mutta koska digitaalisten kaksosten roolia johtamisessa on käsitelty tieteellisessä keskustelussa melko vähän, myös kerätty aineisto vaikuttaa tutkimuksen lähestymistapaan. Tutkimustulokset muodostuvat siis teorian ja empiirisen aineiston vuoropuhelun seurauksena.



Kuva 9. Tutkimuksen luokittelurunko.

Aiemman kirjallisuuden pohjalta tutkimukselle muodostettiin Elon et al. (2022, 221–222) artikkelin mukaisesti luokittelurunko (kuva 9), joka sisältää tutkimuksen kannalta tärkeimmät teemat pää-, ylä- ja alaluokitteluineen. Tämän jälkeen tutkimusaineisto koodattiin, eli sen sisältämät ilmaisut lajiteltiin teemojen mukaisesti (Eriksson & Kovalainen 2016, 141). Aineistosta poimittiin sitten ne pelkistetyt ilmaukset, jotka kuuluivat luokittelumatriisiin, ja loput matriisin ulkopuolelle jäävät, tutkimuskysymyksiin liittyvät ilmaisut kasattiin omaksi listakseen erillistä analyysia varten (Elo et al. 2022, 222). Aineiston käsittely ja raportointi oli pääosin tapauskohtaista, mutta tapauksia myös vertailtiin keskenään Erikssonin ja Kovalaisen (2016, 141–142) viitekehyksen mukaisesti.

4.2 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto kerättiin primääridatana haastatteluin Microsoft Teams -alustalla. Haastattelut kestivät keskimäärin 27 minuuttia ja seurasivat liitteessä 1 esitettyä haastattelurunkoa. Haastattelupyyntöjä lähetettiin sähköpostitse yhteensä seitsemälle Päijät-Hämeessä toimivalle yritykselle ja 15 eri henkilölle, ja haastatteluihin osallistui lopulta kuusi henkilöä viidestä eri yrityksestä. Koska tutkimussuunnitelmassa työ määriteltiin tapaustutkimukseksi, pyrittiin haastattelupyyntöjen lähetys keskittämään sellaisille yrityksille, joissa tiedettiin

olevan digitaalisia kaksosia jonkinasteisesti käytössä tai sellaisille yrityksille, joiden toimialalla saatettaisiin tarttua digitaalisiin kaksosiin jo varhaisessa vaiheessa. Lisäksi yrityksistä etsittiin sekundääriaineistoa muun muassa yritysten verkkosivuilta ja lehtiartikkeleista.

Kaikki työssä käsiteltävät tapausyritykset (taulukko 1) toimivat teollisuuden aloilla esimerkiksi koneiden ja järjestelmien valmistajana, mutta toimialat ovat TOL2008-luokituksen perusteella keskenään uniikit. Moni yrityksistä valmistaa tuotteensa ainutlaatuisina räätälitöinä asiakkaan tilauksen mukaan, mutta osa valmistaa myös niin sanotusti linjatyönä suuria määriä homogeenisiä tuotteita. Yrityskoko määriteltiin Tilastokeskuksen (2025) jaottelun ja vuoden 2023 tilinpäätöstietojen mukaan pieniin, keskisuuriin ja suuriin yrityksiin. Pienet yritykset, jotka muodostavat valtaosan Suomessa toimivista yrityksistä, työllistävät korkeintaan 50 työntekijää ja niiden vuosittainen liikevaihto on korkeintaan 10 miljoonaa euroa tai vaihtoehtoisesti niiden taseen loppusumma on enintään 10 miljoonaa euroa. Keskisuurien yritysten henkilöstömäärä saa olla korkeintaan 250 henkilöä, ja joko liikevaihdon tulee jäädä alle 50 miljoonan euron tai taseen loppusumman alle 43 miljoonan euron. Nämä rajat ylittävät yritykset ovat suuryrityksiä. (Viitala & Jylhä 2019; Tilastokeskus 2025)

Taulukko 1. Tapausyritykset.

Yritys	Toimialaluokitus (TOL2008)	Yrityskoko
Tapaus A	Muuhun kuin kotitalouskäyttöön tarkoitettujen jäähdytys- ja tuuletuslaitteiden valmistus	Suuri
Tapaus B	Kaivos-, louhinta- ja rakennuskoneiden valmistus	Keskisuuri
Tapaus C	Voimakäyttöisten käsityökalujen valmistus	Suuri
Tapaus D	Kone- ja prosessisuunnittelu	Pieni
Tapaus E	Sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimitus	Suuri

Kaikilla yrityksillä on toimintaa Päijät-Hämeessä, ja vain yhden tapausyrityksen kotipaikka on alueen ulkopuolella. Pääosin tapausyritysten toiminta keskittyy maakuntakeskus Lahteen, mutta yhdellä yrityksellä on toimintaa Iitissä ja toisella Hollolassa. Yritykset ovat muodoltaan yksityisiä osakeyhtiöitä, ja ne on pääosin rekisteröity kaupparekisteriin 2000-luvulla. Useilla tapausyrityksillä on kuitenkin ollut toimintaa jo pitkään ennen rekisteröintiä jollakin toisella nimellä ja yhtiömuodolla, ja osa yrityksistä on käynyt läpi useita omistajavaihdoksia historiansa aikana.

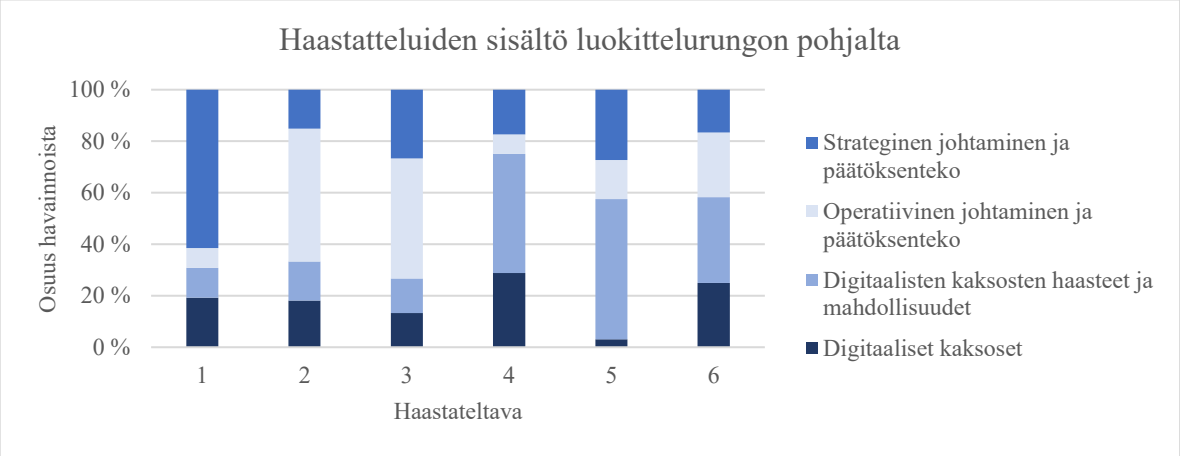
Haastateltavien työnkuvat sekä koulutus- ja työtaustat ovat monipuoliset (taulukko 2), sillä haastatteluihin osallistui niin strategian kehittäjiä kuin tuotepuolen asiantuntijoitakin. Pääasiassa haastateltavien taustat pyörivät kuitenkin konetekniikan, -suunnittelun ja mallinnuksen ympärillä. Haastateltavilla on keskimäärin parinkymmenen vuoden kokemus

toimialaltaan, mutta nykyisessä työnantajayrityksessään he ovat toimineet pääosin alle kymmenen vuotta. Lyhimmillään haastateltava on työskennellyt nykyiselle työnantajalleen vajaa kaksi vuotta, kun taas pisin työsuhde on kestänyt 24 vuotta.

Taulukko 2. Tapausyritysten haastateltavat.

Haastateltava	Titteli	Yritys	Koulutus	Pääasiallinen työtausta
Haastateltava 1	Strategia-, kehitys- ja IT-johtaja	Tapaus A	Konetekniikan diplomi-insinööri	Strategian ja liiketoiminnan kehitys
Haastateltava 2	Pääkäyttäjä	Tapaus B	Konemateriaalitekniikan insinööri	Konesuunnittelu
Haastateltava 3	Projektimyyjä	Tapaus B	Energiatekniikan diplomi-insinööri	Myynti, suunnittelu, projektinhallinta
Haastateltava 4	Tuotepäällikkö	Tapaus C	Yliopistotausta	Mallinnus, robottiliikeradat, konenäköjärjestelmät
Haastateltava 5	Toimitusjohtaja	Tapaus D	Tuotantotalouden tohtori	Konesuunnittelu, projektinhallinta, kustannusjohtaminen
Haastateltava 6	Tuotekehitysjohtaja	Tapaus E	Konetekniikan tohtori	Tuotekehitys, johtaminen

Haastatteluiden sisältö jaoteltiin luokittelurungon (kuva 9) mukaisesti pää-, ylä- ja alaluokkiin. Vaikka kaikki haastattelut seurasivat liitteen 1 haastattelurunkoa, jokainen haastattelu oli sisällöltään omanlaisensa (kuva 10). Esimerkiksi haastateltava 1, eli strategia-, kehitys- ja IT-johtaja, luonnollisesti sivusi puheissaan paljon strategiseen näkökantaan liittyviä teemoja, kuten asiakaskeskeisyyttä sekä digitaalisten kaksosten tuottamaa arvoa. Tapausyritys B:n haastateltavat 2 ja 3 puolestaan toimivat yrityksessä operatiivisella puolella, joten heidän haastattelunsa pyörivät laajalti tuotannollisissa teemoissa. Haastateltava 4 on työskennellyt digitaalisten kaksosten kanssa jo ennen tapausyritykseen työllistymistä, minkä vuoksi haastattelussa keskusteltiin runsaasti muun muassa digitaalisten kaksosten teknisestä toteuttamisesta ja tulevaisuuden potentiaalista.



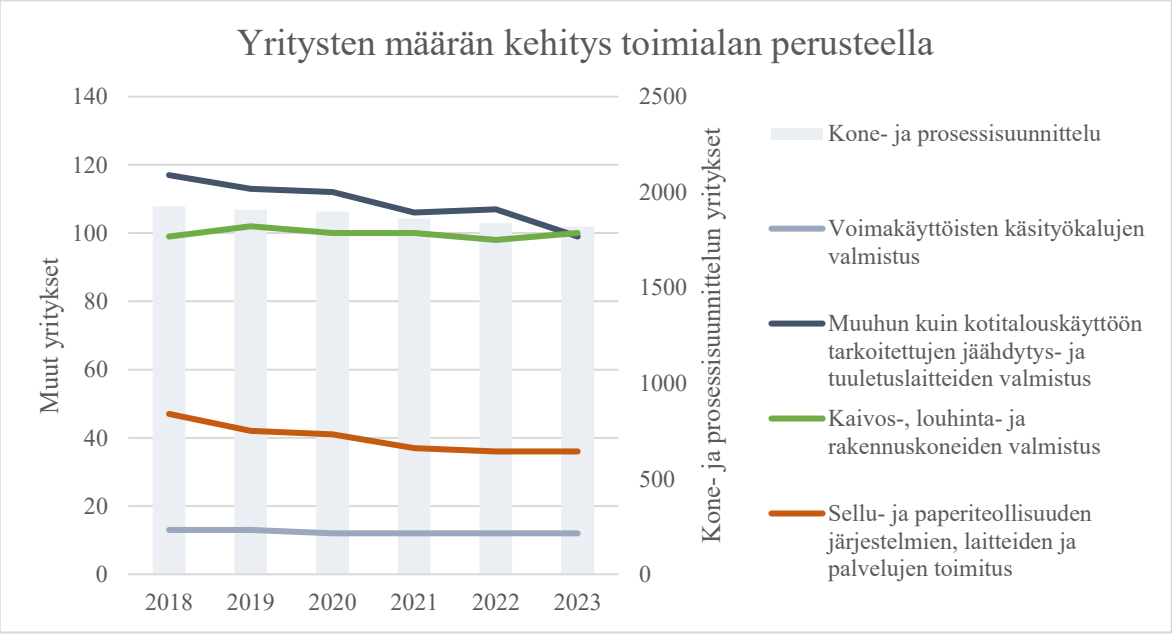
Kuva 10. Haastatteluiden sisältö luokittelurungon pohjalta.

Kuten myöhemmin tutkielmassa tulee ilmi, tapausyritysten C, D ja E digitaaliset kaksoset ovat lähimpänä tieteellisen kirjallisuuden kuvaamia käyttötapauksia. Tämän vuoksi on luonnollista, että heidän haastattelunsa sisälsivät eniten nimenomaan digitaalisiin kaksosiin, niiden teknisiin ominaisuuksiin sekä etuihin ja haasteisiin liittyviä teemoja. Esimerkiksi

haastateltava 5 ei kuitenkaan itse työskennellyt suorasti digitaalisen kaksosen kanssa, ja siksi niin sanotut tekniset näkökulmat, kuten data, mallinnus ja simulaatio, eivät olleet haastattelun keskiössä. Sen sijaan haastateltavan 5 vastaukset käsittelivät laajemmin esimerkiksi digitaalisten kaksosten käyttötapauksia ja tehtävää yrityksessä.

5 Tulokset

Seuraavaksi työssä käydään läpi haastattelut tapausyrityksittäin. Haastatteluiden sisällön rinnalla kulkee aiempi tieteellinen kirjallisuus, muun muassa strategiatyökalut, joiden pohjalta työn tulokset voi liittää osaksi laajempaa tieteellistä keskustelua digitaalisista kaksosista, johtamisesta ja päätöksenteosta. Tapausyrityksissä on monia samankaltaisuuksia mutta myös selkeästi eroavaisuuksia, ja suurimmat eroavaisuudet löytyvät digitaalisten kaksosten käyttöasteesta ja -tavoista, sillä tapausyritykset A ja B eivät käytä reaaliaikaisesti simuloituvia kaksosia lainkaan. Tapausyrityksellä C on puolestaan käytössä hankkeen myötä rakennettu digitaalinen kaksonen, kun taas D ja E käyttävät kaksosia toiminnassaan jo laajemmin. Kaksosten käyttökohteet olivat lähinnä operatiivisia, sillä kukaan haastateltavista ei tunnistanut digitaalisen kaksosen roolia strategisessa johtamisessa. Aihetta kuitenkin sivuttiin haastatteluissa, minkä vuoksi digitaalisia kaksosia voidaan käsitellä myös strategisessa viitekehyksessä, kuten Porterin (1979) kilpailuvoimien kautta. Esimerkiksi toimialalle tulevat uudet tulokkaat (kuva 11) eivät näytä muutaman viime vuoden aikana olleen merkittävä uhka tapausyrityksille, ja kotimaan kilpailijoiden määrä on pikemminkin vähentynyt.



Kuva 11. Yritysten määrän kehitys tapausyritysten toimialoilla (Tilastokeskus 2024).

Tapausyritysten toiminnan luonteista löytyi runsaasti samankaltaisuuksia, ja esimerkiksi yritysten valmistamat räätälöitävät tuotteet tulivat esiin useassa haastattelussa. Tapausyritykset

kallistuvatkin varsinkin digitaalisten kaksosten puitteissa ja Treacyn ja Wierseman (1995) positiointiteorian kontekstissa enemmän tuotejohtajuuden ja asiakaskeskeisyyden suuntaan kuin kustannusjohtamiseen, vaikka haastatteluissa nostettiin myös usein esiin taloudellisten hyötyjen merkitys. Moni haastateltava mainitsi esimerkiksi, että yksi tärkeimmistä motivaattoreista digitalisaation taustalla on kustannussäästöt sekä että digitaalisista kaksosista tulisi saada merkittävästi enemmän taloudellisia etuja kuin tällä hetkellä. Lisäksi Treacy ja Wiersema (1995) mainitsevat tietojärjestelmät yhdeksi olennaiseksi kustannusjohtajuuden ajuriksi, joten digitaaliset ratkaisut, kuten kaksoset, voisivat sopia tällaisten yritysten toimintaan erinomaisesti.

5.1 Tapaus A: Asiakkaat edellä

"Sanotaanko näin, että tällä hetkellä meillä ei ole sellaista use casea niin kun todettu, jolla kannattaisi ruveta rikastamaan sitä (digitaalista) *mallia vielä pidemmälle."*

–Haastateltava 1

Tapausyritys A on jäähdytys- ja tuuletuslaitteiden valmistaja, joka tarjoaa valikoimassaan niin fyysisiä tuotteita, järjestelmiä, huoltoa kuin suunnittelupalveluitakin. Vuoden 2023 tilinpäätöstietojen mukaan se lukeutuu suuriin yrityksiin, ja Tilastokeskuksen (2024) mukaan samalla toimialalla toimii Suomessa noin sata muutakin yritystä. Henkilötyövuosia toimialalla kertyy noin 3500 ja liikevaihtoa yritykset kerryttävät yhteensä vajaan miljardin edestä (Tilastokeskus 2024). Tapausyrityksestä haastateltiin strategia-, kehitys- ja IT-johtajaa (haastateltava 1).

Tapausyritys A ei käytä haastateltavan 1 mukaan lainkaan digitaalisia kaksosia, mutta digitaalinen mallinnus kuuluu olennaisena osana yrityksen toimintaan. Kaikki yrityksen tuotteet on suunniteltu 3D-työkaluilla, ja tuotteet valmistetaan näiden suunnitelmien pohjalta. Yksityiskohtaiset 3D-mallit jäävät kuitenkin vain tapausyrityksen käyttöön, ja asiakkaat saavat käyttöönsä yksinkertaistetut havainnollistamiskuvat. Haastateltava kertoo digitaalisten mallien päätehtävän olevan tuotesuunnittelun ja valmistuksen tukena toimiminen, minkä lisäksi myös myyntihenkilöstö käyttää malleja tuote-esittelyssä. Mallien tarjoama informaatio on haastateltavan mukaan hyödyllistä erityisesti valmistus- ja osto-osastoille, jotka saavat malleista kätevästi tarvittavien komponenttien tiedot.

Teoriassa tapausyrityksellä olisi mahdollisuus haastateltavan 1 mukaan lähteä kehittämään ulosmyytäville tuotteille myös digitaalisia kaksosia, sillä heidän datamääränsä, analytiikka- ja mallinnusmetodinsa antavat hyvän lähtökohdan kaksosten kehittämistyölle, joiden merkitystä korostavat myös muun muassa Patil et al. (2024, 2538, 2549). Digitaalisten kaksosten käyttöönotosta on käyty tapausyrityksessä satunnaisesti pintapuolista keskustelua, ja muut digitalisaatioon liittyvät teemat ovat jo yrityksessä enemmän tai vähemmän arkipäivää jopa strategisella tasolla. Tapausyrityksen verkkosivuilla esitellään esimerkiksi esineiden internetiin perustuvaa pilvipohjaista portaalia, jota käytetään etävalvontaan ja -diagnostiikkaan. Nämä käyttökohteet on nostanut esiin myös esimerkiksi Serbulova (2021) digitaalisten ratkaisujen ja kaksosten yhteydessä. Lisäksi yrityksessä on kokeiltu haastateltavan mukaan myös tekoälyä, eli tapausyrityksessä on siis jo käytössä monet niistä digitalisaation työkaluista, jotka Patilin et al. (2024) mukaan ovat tärkeimpiä neljännen teollisen vallankumouksen rakentajia ja samalla digitaalisen kaksosen simulaation mahdollistajia. Haastateltava 1 kertoo yrityksen myös panostaneen prosessiautomaatioon muun muassa työmäärän vähentämiseksi, virheiden minimoimiseksi ja reagointiajan nopeuttamiseksi, mitkä mainitaan kirjallisuudessa digitaalisten kaksosten erityisiksi eduiksi (mm. Serbulova 2021; Korepin et al. 2024).

Haastateltava on kuitenkin sitä mieltä, että digitaaliset kaksoset eivät tuottaisi yrityksen toimintaan tällä hetkellä merkittävää lisäarvoa verrattuna sen sitomiin resursseihin, minkä haasteen myös Patil et al. (2024, 2538–2539) nostavat esiin digikaksoskeskustelussa. Koska digitaalisten kaksosten implementointi vaatii suuria investointeja (mm. Ouahabi et al. 2024), on tapausyrityksen lähestymistapa aiheeseen liittyen varsin ymmärrettävä. Tapausyritykseen pätee lisäksi haastateltavan mukaan Xinin ja Wangin (2024) huomio siitä, että yritysten sisäinen tietotaito ei vielä välttämättä aivan riitä digitaalisen kaksosen rakentamiseen:

"Varmasti siinä vielä iso, iso oppikynnys on, että ennen kun niitä sitten pystyy tekemään niin että se olisi tehokasta eikä pelkästään yksittäisiä kappaleita silloin tällöin."

–Haastateltava 1

Haastateltava huomauttaa, että heidän tuotteensa sisältävät usein monta kymmentä tuoteominaisuuksiin ja ulkoasuun liittyvää parametria, jotka räätälöidään asiakastarpeiden mukaan. Tästä syystä digitaalisten kaksosten käyttöönottoprosessi ja suunnittelu olisi varsinkin alkuun haastavaa sekä edellyttäisi haastateltavan mukaan esimerkiksi perusteellisempaa 3D-tilaskannausta asiakasympäristössä, jolloin työn määrä siis saattaisi lisääntyä. Myös

Uhlenkamp et al. (2022, 69629) ovat havainneet räätälöityjen digitaalisten kaksosten kalleuden sekä niiden valmistamisen vaikeuden, minkä vuoksi he panostaisivat uudelleen käytettävien digitaalisten kaksosten rakentamiseen sekä niihin liittyviin joustaviin ratkaisuihin.

Vaikka digitalisaatio on tapausyrityksen toiminnan keskiössä, jopa strategiassa asti, haastattelun perusteella tapausyritys seuraa tarkasti asiakkaidensa tarpeita ja lähtisi kehittämään digitaalisia kaksosia vain ja ainoastaan asiakasvaatimusten perusteella. Tällöinkin pohdinnassa on ollut lähinnä valmistettavista tuotteista tehtävät digitaaliset kaksoset eikä niinkään esimerkiksi tehtaan mallintaminen. Esimerkiksi kuitenkin West et al. (2021) nostavat esille, että digitaalisia kaksosia on myös mahdollista käyttää pelkästään yrityksen sisällä eikä niitä tarvitse niin sanotusti kaupallistaa tai myydä asiakkaille olemassa olevan tuotteen lisäosana. Tapausyrityksenkin olisi siis mahdollista lähestyä teemaa toisenlaisesta näkökulmasta.

Toisaalta haastateltava 1 mainitsee, että digitaalisen kaksosen myötä perusteellisempi asiakasympäristön tarkastelu saattaisi myös lisätä asiakastuntemusta. Tämän ovat huomanneet myös Holopainen et al. (2024, 1787), minkä lisäksi heidän mukaansa digitaalisen kaksosen käyttö yleensä luo uudenlaisia palvelumahdollisuuksia. Nämä ominaisuudet olisivat asiakaskeskeiselle yritykselle Treacyn ja Wierseman (1995) mukaan tärkeää. Haastattelu sekä sekundääridata antavatkin vahvoja viitteitä tapausyrityksen asiakaskeskeisestä suuntautumisesta. Räätälöidyt tuotteet, asiakasanalyysit sekä laaja kattaus tuotteita ja palveluita ovat keskeisiä asiakaskeskeisen yrityksen ominaisuuksia (Treacy & Wiersema 1995; Juuti & Luoma 2009), ja haastateltava 1 kertookin, että *silloin kun asiakasvaatimukset rupeaa lisääntymään siihen* (digitaalisten kaksosten) *suuntaan, niin sitten varmasti vastataan asiakastarpeeseen*. Myös Viitala ja Jylhä (2019) ovat huomanneet, että organisaatiot haluavat tuottaa asiakkaille nimenomaan arvoa eivätkä pyri pelkästään olemaan tuotteiden valmistajia tai tyrkyttäjiä. Tapausyrityksellä ei olekaan haastateltavan mukaan halua käyttää resursseja kehittämistyöhön tai proaktiiviseen, asiakkaisiin kohdistuvaan lobbaamiseen, mikä olisi strategisen viitekehyksen puitteissa tyypillistä tuotejohtajamaisille yrityksille (Treacy & Wiersema 1995; Juuti & Luoma 2009).

Serbulova (2021) mainitsee fyysisten ja digitaalisten tuotteiden kombinaatiolla olevan nykyään kysyntää asiakkaiden keskuudessa, ja Bolton et al. (2018, 784–785) ovat todenneet digitaalisten työkalujen mahdollistavan uudenlaisen arvonluonnin asiakkaille. Tapausyritys tarjoaakin verkkosivujensa mukaan tällä hetkellä jo niin fyysisiä tuotteita, järjestelmiä, suunnittelua, huoltoa kuin älypalveluitakin, joten laajeneminen edelleen digitaalisten kaksosten

suuntaan olisi todennäköisesti strategisesti mahdollista, asiakastarpeen syntyessä jopa kannattavaakin. Haastateltava ei kuitenkaan ole törmännyt sellaiseen käyttötapaukseen, jossa räätälöityjen tuotteiden valmistajat tai käyttäjät olisivat hyötyneet merkittävästi digikaksosmahdollisuudesta. Haastateltavalla oli tiedossa joitain projekteja, joissa on käytetty digitaalisia kaksosia, mutta kertoi niin sanotun todellisen käytön olevan vielä vähäistä, ja aihe ennemminkin puhututtaa kansallisesti ja globaalistikin. Haastateltava toteaakin, että rakentamisen digitaaliset kaksoset eivät kuulu olennaisesti tämän päivän käytäntöön, mikä poikkeaa muun muassa Serbulovan (2021) havainnoista.

Resurssina digitaalisten kaksosten tulisi tuottaa yritykselle lisäarvoa (Barney 1991), ja se ei ainakaan haastateltavan 1 mukaan tällä hetkellä ole realistinen näkymä verrattuna sen syömiin muihin resursseihin. Mikäli yritys tulevaisuudessa tunnistaisikin digitaalisten kaksosten tuovan toimintaansa lisäarvoa, voisi kaksosta käyttää kilpailuvalttina ja hankkia siten etumatkaa kilpailijoihin nähden (Porter 1979; Barney 1991). Toimialalla toimii kansallisesti noin sata yritystä (Tilastokeskus 2024), jotka haastateltavan 1 mukaan eivät tällä hetkellä käytä digitaalisia kaksosia merkittävissä määrin toiminnassaan. Siksi arvoa tuottavat digitaaliset kaksoset olisivat harvinainen resurssi toimialalla ja räätälöitävyytensä vuoksi vaikeasti jäljiteltävissä. Kuten haastateltava 1 toteaa, digitaaliset kaksoset eivät ole helposti rakennettavissa tapausyrityksille itselleenkään asiakasprojektien monipuolisuuden vuoksi, ja koko toimiala varmastikin kamppailee samojen kysymyksien kanssa. Tapausyritys ei kuitenkaan haastateltavan vastausten perusteella kohtaa toimialalta tai asiakkailta painostusta kehittää digitaalisia kaksosia, joten kaksosten harvinaisuus ja niihin liittyvä kilpailun puute voi tässä yhteydessä toimia jopa kehitystyötä hidastavanakin tekijänä.

Kuten Porterin (1979) kilpailuvoimateoria ja Barneyn (1991) resurssiteoria toteavat, korvaavat tuotteet aiheuttavat kilpailullisen uhan toimialalle. Digitaalisten kaksosten kohdalla tapausyritysten sekä muiden toimijoiden digi- ja älypalvelut muodostavat todennäköisesti korvaavan tuotekokonaisuuden digitaalisille kaksosille, sillä niiden avulla vastataan samaan tarpeeseen kuin kaksosillakin. Esimerkiksi tuotannon valvonta ja diagnostiikka on jo nyt älypalveluiden avulla automatisoitu muun muassa pilvipohjaisia portaaleja hyödyntäen, mikä on vähintään henkinen este kaksosten käyttöönotolle. Lisäksi kaksosten rakentaminen voi tuntua erityisen kalliilta ja vaikealta, kun korvaavia ratkaisuja on jo olemassa. Tapausyrityksen käyttämien digiratkaisujen, kuten esineiden internetin, käytön yleistyessä voivat

kuitenkin muutkin digiratkaisut lopulta muuttua entistä kiinnostavimmiksi konsepteiksi myös asiakkaiden silmissä (Serbulova 2021).

5.2 Tapaus B: Kaksosen etuja mallin tasolla

Tapausyritys B on keskisuuri yritys, joka toimii kaivos-, louhinta- ja rakennuskoneiden valmistuksen toimialalla, ja sen valikoimaan kuuluu fyysisten tuotteiden lisäksi varaosat ja huolto ja tekninen konsultointi. Tilastokeskuksen (2024) ja Kauppalehden (2025) mukaan toimialalla toimii noin sata yritystä. Toimiala työllistää ihmisiä noin 7700 henkilötyövuoden verran, ja yritysten yhteenlasketuksi liikevaihdoksi Tilastokeskus (2024) raportoi noin viisi miljardia euroa. Tapausyrityksestä haastateltiin pääkäyttäjää (haastateltava 2) sekä projektimyyjää (haastateltava 3).

Tapausyritys B mallintaa tuotteensa 3D:nä tapausyritys A:n tapaan sekä käyttää digitaalisia malleja kaksosen tapaan, mikä on muun muassa Liun et al. (2021, 350) mukaan yleistä sekä tieteellisessä kirjallisuudessa että käytännön työelämässä. Tapausyrityksen pienet sarjavalmistetuotteet pohjautuvat vain yhteen malliin, mutta haastateltavan 3 mukaan projektikohtaiset tuotteet ovat yleensä niin ainutlaatuisia, että jokaisella fyysisellä kappaleella on oma mallinsa. Haastateltavat 2 ja 3 kertovat, että digitaalisen mallin ja fyysisen kappaleen välillä ei liiku automaattisesti dataa, ja haastateltava 2 uskookin kaiken mallinnukseen liittyvän datan mallin ja fyysisen ympäristön välillä kulkevan ihmisen käden kautta. Kunath ja Winkler (2018) toteavat tämän metodin olevan erityisesti pienille ja keskisuurille yrityksille tavallista, mihin kategoriaan tapausyritys B:kin kuuluu.

Tällä hetkellä malleja haastateltava 2:n mukaan hyödynnetään erityisesti tuotesuunnittelussa, ja hän kertookin, että tuotteiden mallinnus ja sen avulla tehtävä innovointi on oikeastaan koko toiminnan ytimessä. Ensimmäisen version luonnin jälkeen mallia pyöritellään, sen toimintaedellytyksiä pohditaan ja siihen lisätään tarpeellisia elementtejä (myös mm. Liu et al. 2021, 352). Prosessi käydään haastateltavan mukaan läpi joka ikisessä tapausyrityksen projektissa, ja suunnittelu lähtee liikkeelle aina hyvin pienestä mallista, kunnes se kuvaa kokonaista asiakkaalle lähtevää laitetta. Haastateltava 3 kertoo malleja hyödynnettävän myös huoltosuunnittelussa, käyttäjäkoulutuksessa sekä materiaalidokumenttien teossa. Näistä huoltosuunnittelu on haastateltava 3:n mukaan erityisen tärkeä tehtävä, sillä 3D-malli on huomattavasti 2D-mallia helpommin ymmärrettävissä, ja huoltotoimenpiteet voidaan

esittää asiakkaille selkeämmin. Myöskin oikeiden varaosien hankkiminen helpottuu mallin myötä.

Huoltotoimenpiteisiin olennaisesti liittyvä ominaisuus on käytön simulointi, ja digitaalista mallia voidaankin hyödyntää haastateltavan 3 mukaan myös tällä tavoin. Esimerkiksi liikkuvien osien toimintaa voi demonstroida simuloimalla niiden liikettä mallissa sekä siten optimoida fyysisen tuotteen ja prosessin toimivuus. Tapausyrityksen verkkosivujen mukaan tällainen optimointi vähentää asiakkaan tuotannollisia keskeytyksiä (myös mm. Serbulova 2021), parantaa turvallisuutta (mm. Ouahabi et al. 2024), vähentää resurssien kulutusta (mm. Narula et al. 2020; Korepin et al. 2024) sekä pidentää komponenttien elinkaarta, eli kokonaisuudessaan kehittää asiakasyrityksen tuotantoa. Esimerkiksi tuotteen kulumakohdat voidaan haastateltava 3:n mukaan ennustaa entistä tarkemmin simuloinnin avulla ja huoltoluukkujen paikat voidaan optimoida ennustetun kuluman perusteella (mm. Serbulova 2021). Liu et al. (2021, 346) ovat yhtä lailla todenneet simulaation olevan tehokas työkalu järjestelmän optimoinnissa ja toiminnan varmistamisessa, vaikka se toimisikin niin sanotusti irti kytkettynä (*offline*) kokonaisuutena. Monet digitaalisille kaksosille esitetyt hyödyt on siis tapausyrityksessä saavutettu jo muillakin digitaalisilla ratkaisuilla, samoin kuin tapausyritys A:nkin kohdalla, ja ne asettavat siten digitaalisten kaksosten kehitykselle hintakaton (Porter 1979). Mikäli digitaaliset kaksoset reaaliaikaisine päivityksineen eivät luo merkittäviä etuja tapausyritysten toimintaan, ei se pysty markkinoimaan reaaliaikaisesti päivittyvää kaksosta asiakkailleen järkevänä vaihtoehtona, mikäli nämä saavuttavat samat edut samoilla, halvemmilla ratkaisuilla. Toisaalta aiempaan dataan ja fyysisiin ominaisuuksiin perustuva simulaatio voi ennustaa ainoastaan jo aiemmin tapahtuneet viat ja kulumat, eikä täysin uudenlaisia virhetilanteita tai muutoksia voi ennakoida niiden perusteella (Liu et al. 2021, 356; Ouahabi et al. 2024). Sen sijaan reaaliaikaisella datanvaihdolla, eli kirjallisuudessa määritellyllä digitaalisella kaksosella, uudenlaisetkin kulumat tulevat esiin mahdollistaen ennakoivan huollon sekä vianmäärityksen digitaalista mallia laajemmalla skaalalla (Liu et al. 2021, 356).

Mallit ovat päivittäisessä käytössä tuotekehitystyössä, mutta tapausyritys huoltaa haastateltavien 2 ja 3 mukaan myös vanhoja laitteita mallinnuksen perusteella. Mikäli vanhoista tuotteista ei ole digitaalista mallia valmiiksi saatavilla, fyysinen kappale skannataan ja sen päälle suunnitellaan korjauksia, parannuksia, modernisointia tai muita ominaisuuksia. Tällaista digitaalisten kaksosten käyttötapaa kuvailee myös muun muassa Liu et al. (2021, 358), ja heidän mukaansa tämä on jopa yleisempi tapa käyttää kaksosta kuin uuden laitteen suunnittelu.

Haastateltava 2 kertoo skannauksesta saatavan datan olevan tällä hetkellä pitkälti pistepilvimuodossa, mutta mahdollisuus myös yksityiskohtaisempaan pintamallityyppiseen skannaukseen voisi olla mahdollinen. Toisaalta haastateltava 3 miettii mallinnuksen tason tarvetta, sillä yksityiskohtaiset mallit ovat usein raskaita pyörittää sekä hitaampia rakentaa. Erityisesti hän miettii mallinnuksen tason ja kilpailukyvyn välistä yhteyttä. Haastateltava 2:kin tähdentää tuotesuunnittelun resurssien järkevää jakamista, sillä hänen mielestään suunnitteluaika tulisi käyttää tähdellisiin tehtäviin mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tällöin vain olennaiset tuoteominaisuudet sisällytettäisiin malliin, ja turhat yksityiskohdat unohdettaisiin, mitä tukee myös muun muassa Grieves (2015).

Haastateltava 2 kertoo, että digitaalisen mallin yksi tärkeimmistä tehtävistä on varmistaa lopputuotteen toimivuus. Tämän vuoksi mallia räätälöidään asiakasympäristön mukaan esimerkiksi lisäämällä malliin seiniä tai pylväitä todellisen ympäristön mukaan. Myös suunnittelijoiden työ on haastateltava 3:n kuuleman mukaan muuttunut mielekkäämmäksi, kun työn jäljen näkee 2D-piirustuksia konkreettisemmin. Lisäksi haastateltavat kertovat kommunikaatiomahdollisuuksien parantuneen digitaalisen mallinnuksen myötä, ja esimerkiksi haastateltava 3 käyttää malleja myyntityössään. Hänen mukaansa asiakaskommunikaatio on kehittynyt 3D-mallien myötä, sillä myös tekniseen piirustukseen perehtymättömät henkilöt pystyvät hahmottamaan tuotteiden lopullisen olomuodon.

Työmaalla työskentelevä henkilöstö turvautuu puolestaan toiminnassaan 3D-malliin, sillä he eivät usein ole haastateltava 2:n mukaan nähneet laitetta fyysisessä olomuodossaan esimerkiksi testauksen aikana. Siksi kokoamisvaiheessa digitaalinen mallinnus on erittäin hyödyllinen työkalu ja kommunikaatioväline. Toisaalta haastateltavien mukaan osaluettelot ja raportit saa jaettua helposti mallin ja siihen liitännäisen tietojärjestelmän avulla tarvittaville osastoille, esimerkiksi osto-osastolle. Tällöin osto-osaston henkilöstö saa suoraan luotettavaa tietoa siitä, millaisia komponentteja tarvitaan mihinkin tuotteeseen ja minkälaiseen käyttöön osat tulevat (myös mm. Liu et al. 2021, 352). Haastateltava 2 kertoo, että ostohenkilöstö voi tarvittaessa tehdä myös mallin perusteella ennakkohankintoja esimerkiksi prosessin sujuvoittamiseksi tai markkinatilanteen vaihteluiden ennakoimiseksi.

”On taas sitten se entinen vaihtoehto, että ruvetaan käymään hirmuinen piirustusnivaska läpi ja osaluettelo osaluettelolta. Sieltä yritetään raapustaa johonkin Exceliin tai johonkin muualle sitä tietoo. Se on se (tiedonsaanti) *varmaan, tämä on se suurin hyöty.”*

–Haastateltava 2

Tuotesuunnittelusta tuotetut piirustukset ja työkuvat siirtyvät yrityksen ulkopuolisille valmistajille ja lopulta työmaalle rakentajille. Myös 3D-mallien välittämistä valmistajille on haastateltavan 2 mukaan pohdittu, mutta toistaiseksi pilvipohjainen siirto ulkoistetulle valmistusosastolle on aiheuttanut tietoturvahuolia tapausyrityksen sisällä kuten myös kirjallisuudessakin (mm. Kunath & Winkler 2018). Haastateltava 2 näkisi kuitenkin mallien jakamisessa myös etuja, sillä valmistuspuoli voisi mallin nähdessään itsenäisesti arvioida valmistustoimenpiteiden tärkeysjärjestyksen ja oleellisuuden, ja myös Boddy (2008) on todennut tietoisuuden lisäävän resurssien käytön optimointia. Esimerkiksi hitsaustarpeen optimointi vapauttaisi työaikaa sekä vähentäisi kustannuksia, sillä turhan työn saisi karsittua pois. Toisaalta jo huoltosuunnitteluhenkilöstön integrointi tuotesuunnitteluun on haastateltava 3:n mukaan jo kehittänyt suunnitteluprosessia eteenpäin.

Valmistuksen ulkoistaminen on aiheuttanut tietoturvan lisäksi pohdintaa uusien toimintatapojen implementoinnin kohdalla. Mikäli mallinnukseen ja valmistukseen liittyvät metodit muuttuisivat, tai jos tapausyritys lähtisi vaikkapa rakentamaan uudenlaista digitaalista kaksosta, valmistuspajan tarpeellisen osaamisen varmistaminen olisi haastavaa. Haastateltava 2 kertoo, että ulkoisia toimittajia on hankalampi lähteä opastamaan yrityskohtaisiin valmistustapoihin tai yksityiskohtiin liittyen kuin oman talon sisällä olevaa valmistusosastoa. Muutokset toiminnassa ja jatkuva uudistuminen edellyttäisivätkin tehokkaita kommunikaatiokanavia, yhteistyötä sekä toimijoiden välistä integroitua ohjausta (Viitala & Jylhä 2019). Myös osaamisen varmistaminen saattaa olla ulkoisten toimijoiden kanssa toimiessa haastavaa, ja tietotaidon takaaminen onkin yksi yleisesti tunnistetuista haasteista digitaalisen transformaation toteutumisessa (Narula et al. 2020; Patil et al. 2024). Näistä syistä tapausyritys B:n valmistajilla, jotka rinnastuvat tavarantoimittajiin tässä tilanteessa, on suuri strateginen merkitys niin tapausyrityksen nykytoiminnassa kuin myös mahdollisissa uusissa suuntauksissa (Porter 1979, 141–142).

Jokainen tuotettu projektituote johtaa haastateltavan 2 mukaan jonkinlaiseen jälkiraportointiin, jossa arvioidaan myyntiprosessin onnistumista. Yksi arvioitava asia on muun muassa hinnanarviointi, joka haastateltavan mukaan paranee jokaisen samankaltaisen projektin myötä. Raportointi tuottaa tapausyritykselle lisäarvoa erityisesti laitteen kustannusten arviointiin, sillä sen avulla yritys voi kehittää alkuparametrien ja -suunnittelun toimintaa. Haastateltava 2 kertookin, että tapausyritykselle tärkeimmät digitalisaatiomotivaattorit olivat kustannussäästöjen ja kilpailukyvyn saavuttaminen. Toisaalta tapausyritys saa työmaalta

jokaisen projektin myötä palautetta onnistumisista ja epäonnistumisista, joita hyödynnetään sitten seuraavan mallin suunnittelussa. Erityisesti innovaatioprosessi tuottaa epävarmuutta kustannuslaskentaan, sillä uusien tuotteiden kustannukset ovat vielä hämärän peitossa. Haastateltava 2 sanookin, että varsinkin uudet tuotteet edellyttävät tietyntasoista kauhuskenaarioajattelua sekä hinnan arvuuttelua, mutta toisaalta myös asiakkaan tarpeiden ja kipurajojen tunnistamista. Strategisessa mielessä skenaarioanalyysien käyttäminen kustannusten arvioinnissa (myös mm. Kunath & Winkler 2018, 229–230) voisikin siis olla tapausyrityksessä potentiaalinen digitaalisen kaksosen käyttökohde, mikäli se saisi tietojärjestelmistä tarpeeksi olennaista dataa.

Tieteellisessä kirjallisuudessa on käsitelty digitaalisen kaksosen integroitumista organisaatioiden tietojärjestelmiin (mm. Kunath & Winkler 2018; Mirza 2021) ja sen pohjalta automaattisia tuotantopäätöksiä (mm. Kunath & Winkler 2018). Myös tapausyritys B on pohtinut ja kokeillutkin samankaltaisia ratkaisuja digitaalisten malliensa kanssa. Haastateltava 2 on ollut mukana kokeilussa, jossa 3D-malli siirrettiin suoraan tuotantojärjestelmään ja järjestelmä analysoi tarvittavat osat automaattisesti. Tällöin mallista ei tarvinnut tehdä erikseen piirustuksia ja työaikaa säästyi merkittävästi. Automaatio ei kuitenkaan toiminut toivotulla tavalla, ja jälkikäteen huomatut runsaslukuiset virheet lopettivat kokeilut.

Haastatteluissa keskusteltiin myös digitaalisten mallien rikastamisesta automaattisella datanvaihdolla, jolloin malleista tulisi kirjallisuuden määritelmien mukaisia täydellisiä digitaalisia kaksosia (mm. Negri et al. 2019; Liu et al. 2021). Haastateltavien näkökannat reaaliaikaiseen simulaatioon vaihtelevat, ja esimerkiksi haastateltava 2 ajattelee liian suuren datamäärän lisäävän ennemmin ongelmia kuin hyötyjä. Hän kokee, että tällä hetkellä kaikki tarvittava informaatio saadaan käyttöön niin sanotusti kultajyvinä, jotka saattaisivat hukkua liian suureen datamäärään. Haastateltava 3 puolestaan sanoo jo nykyistenkin mallien sisältävän niin paljon yksityiskohtaista dataa, että niiden käyttö on joskus teknisestä näkökulmasta haastavaa. Suuren datamäärän eli niin sanotun *big datan* ongelmat on nostettu kirjallisuudessakin laajasti esiin, ja esimerkiksi Schroeder et al. (2016) jakavat haastateltavan 2 näkemyksen siitä, että tärkeä tieto saattaa hukkua suurien datamäärien alle. Myös Liu et al. (2021) ovat nostaneet esiin digitaalisten kaksosten datankäsittelyyn liittyvät haasteet, kuten datansiirron monimutkaisuuden ja kalleuden, joita he kehottavat ratkaisemaan uusilla analyyttisilla ja teknologisilla työkaluilla.

Toisaalta haastateltava 3 kokee reaaliaikaisen datanvaihdon mielenkiintoisena ajatuksena sekä nykyaikaisella anturitekniikalla jopa mahdollisenakin ratkaisuna. Hän kuitenkin nostaa esiin jälleen kilpailukyvyn ja taloudellisen kannattavuuden merkityksen, joita ilman reaaliaikaisen simulaation rakentaminen ei olisi järkevää. Myöskin digitaalinen 3D-mallinnus on hänen mielestään kustannusherkkää aluetta, sillä aikoinaan tehokas 2D-suunnittelija saattoi suunnitella laitteen hyvinkin nopeasti, kun taas nykyinen 3D-mallinnus vie selvästi enemmän aikaa. Kuitenkin 3D-mallinnus on kehittänyt haastateltava 3:n mukaan suunnittelun laatua, ja siksi 2D:n ja 3D:n välisen rahallisen hyödyn mittaaminen onkin hänestä hankalaa. Tapausyritys B halusi kuitenkin olla kehityksen auran kärjessä (*tuotejohtajuus*; Treacy & Wiersema 1995) ja siksi lähti kokeilemaan 3D-suunnitteluohjelmia, joten kenties tapausyritys lähtee jossain vaiheessa siis kokeilemaan reaaliaikaista simulaatiotakin.

5.3 Tapaus C: Yhteistyöhankkeella tehokkuuteen

”…on mahdollisuuksia kyllä, mitä ei ole kaikkia viel otettu käyttöön.” – Haastateltava 4

Tapausyritys C on suuri voimakäyttöisten käsityökalujen valmistaja Lahdesta. Yritys myy verkkosivujensa mukaan käsityökalujen lisäksi oheistuotteita, kuten henkilönsuojaimia ja lisävarusteita, sekä myös ohjelmistoja ja varaosia. Julkaisujensa ja verkkosivuilla esitellyn historiansa perusteella yritys on kulkenut toimialallaan usein kehityksen kärjessä (ns. *tuotejohtaja*; Treacy & Wiersema 1995), ja digitalisaatio sekä teollinen internet ovat yksiä keskeisimpiä teemoja heidän toiminnassaan tänä päivänä. Tilastokeskuksen (2024) mukaan toimialalla toimii 12 yritystä, kun taas Kauppalehti (2025) raportoi aktiivisia yrityksiä olevan 22. Toimiala työllistää vajaan 1500 henkilötyövuoden verran ja sen yhteenlaskettu liikevaihto on vajaa 400 miljoonaa euroa (Kauppalehti 2025). Tapausyrityksestä haastateltiin tuotepäällikköä (haastateltava 4), jolla on myös aiempaa työkokemusta digitaalisista kaksosista.

Tapausyritys C:llä on käytössään yksi digitaalinen kaksonen, joka rakennettiin yhteistyöhankkeen myötä. Digitaalinen kaksonen on haastateltavan 4 mukaan liitännäinen robottiin, joka käsittelee käsillä olevaa työkappaletta yrityksen valmistamalla käsityökalulla. Tällaista digitaalisen kaksosen käyttötapaa on kuvaillut myös muun muassa Grieves (2015) ja se on liitännäinen kaksosen elinkaaren keskiosaan (Schroeder et al. 2016, 13). Tapausyrityksen virtuaalinen 3D-malli sisältää haastateltavan 4 mukaan niin robotin, sen toimilaitteet kuin

toimintaympäristönkin eli kaikki liikkuvat osat ja niiden kinematiikan. Haastateltava mainitsee, että malliin voi sisällyttää myös logiikkaa. Yrityksellä oli itsellään valmiina solumalli, mutta kaksosen ohjelmat luotiin ja digitaalinen kaksonen sekä fyysinen kappale kalibroitiin hankkeen aikana. Robotti ottaa fyysisestä työstettävästä kappaleesta mittauspisteitä, jotka siirtyvät digitaaliseen kaksoseen ja kalibroivat digitaalisen kaksosen vastaamaan todellisuutta. Itse laitteen käyttöprosessi, eli esimerkiksi ihmisen tai robotin tapa käyttää laitetta, on haastateltavan mukaan kuitenkin hankala mallinnettava, eikä hän näe siihen välttämättä tarpeitakaan. Kirjallisuudessa (mm. Wurm et al. 2023) onkin todettu erityisesti ihmisen toiminnan mallintamisen olevan haastavaa, jopa mahdotonta.

Tapausyrityksellä on käytössään laskennallisia työkaluja, joilla he voivat alkuarvojen perusteella luoda robotille ja kaksoselle toimintaparametrit, eli esimerkiksi työkappalekohtaiset liikeradat. Nämä parametrit lähetetään robotille, joka sitten käyttää yrityksen valmistamaa laitetta työkappaleen käsittelyyn. Alkuarvot, kuten ainevahvuus, ovat mukana 3D-mallissa, ja teoriassa digitaalisen kaksosen olisi mahdollista haastateltavan 4 mukaan hyödyntää mallia ja laskentatyökaluja itsenäisesti oikeiden parametrien määrittämiseksi. Tällä hetkellä kuitenkin parametrit määritellään pitkälti ihmisen kautta, ja yhteistyöhankkeen yksi tavoitteista on antaa digitaaliselle kaksoselle mahdollisuus vaikuttaa automaattisesti toimintaparametreihin pilvipalveluita hyödyntäen.

Tällä hetkellä haastateltava kertoo digitaalisen kaksosen auttavan yritystä luomaan helposti, nopeasti ja tehokkaasti käyttöohjelmia robotille mahdollisimman optimaalisin parametrein. Esimerkiksi pienten työkappale-erien käsittely on aiempaa tehokkaampaa, kun niiden käsittelyn voi suunnitella etukäteen samalla, kun robotti käsittelee toisenlaista työkappaletta. Kokonaistuotannon optimointi onkin yksi tärkeimmistä digitaalisen kaksosen käyttökohteista niin haastateltavan kuin muun muassa Korepinin et al. (2024, 694) mukaan, ja siihen käyttöön kaksosta hyödynnetäänkin laajasti jo tänä päivänä. Myös Holopainen et al. (2024, 1786) nostavat esiin kaksosen roolin tuotantoprosessien tehokkuuden kehittämisessä. Lisäksi Ouahabi et al. (2024) korostavat digitaalisen kaksosen roolia tuotannon dynaamisessa aikataulutuksessa. Tuotantoa pystyisi haastateltavan mukaan kuitenkin kehittämään edelleen esimerkiksi pohjapiirustussuunnitelmissa, materiaalivirtojen mallinnuksessa sekä pullonkaulojen tunnistamisessa.

Haastateltava 4 nostaa esiin erityisesti isojen työkappaleiden tai suurien toleranssien haasteet. Työkappaleen poikkeamien ja tarkkuuksien kompensointi täytyy tehdä käsin ennen

robotin toiminnan alkamista, ja poikkeamia on haastateltavan mukaan mahdotonta kalibroida yksiselitteisesti niiden vaihtelevuuden vuoksi. Tämä tuottaa haasteita digitaalisen kaksosen reaaliaikaisuuteen. Virtuaalimallin kalibroinnin tarkkuus ei haastateltavan näkemyksen mukaan muutenkaan ole aina täydellinen, jolloin digitaalinen kaksonen ei täysin vastaa todellisuutta (mm. Lyytinen et al. 2024) ja esimerkiksi tuotannon toimivuus kärsii. Lisäksi kinematiikan mallintaminen on haastateltavan mukaan monimutkaista.

Poikkeustapauksien käsittelyn lisäksi digitaalisen kaksosen ja fyysisen kappaleen välinen rajapinta sisältää muutenkin vielä melko paljon käsityötä, mikä on haastateltavan mukaan yksi tämän hetken kehityskohteista. Hänen mukaansa esimerkiksi yrityksen laitteiston voisi tuoda paremmin ohjelmointirajapintaan mukaan, mutta yhtenä haasteena on liian hitaasti etenevä ohjelmointikehitys. Haastateltava kertoo, että vielä ei ole olemassa sellaista kokonaisvaltaista ohjelmistoa, joka pystyisi hoitamaan koko kokonaisuuden, ja myös Xin ja Wang (2024, 2236) ovat todenneet teknologisen kehittymisen verkkauden olevan digitaalisten kaksosten käytön esteenä käytännön työelämässä. Digitaalinen kaksonen reaaliaikaisine kalibrointeineen mahdollistaisi haastateltavan 4 mukaan kuitenkin erityisesti tehokkaamman ennakoinnin ja monitoroinnin. Esimerkiksi törmäysten ennakointi ja kriittisten paikkojen tunnistaminen olisi yksi olennaisimmista digitaalisen kaksosen käyttökohteista (myös mm. Serbulova 2021). Lisäksi tuotantotehokkuuden simulointi ja sitä kautta vaikkapa takaisinmaksuaikojen tai läpimenoaikojen laskeminen kehittäisi ennakointia sekä tuottavuutta. Lisäksi haastateltava on nähnyt digitaalista kaksosta käytettävän myyntityössä esimerkiksi simuloiden tuotteen käyttötapaa (myös mm. Holopainen et al. 2024, 1786), mutta tapausyrityksessä ei hänen tietääkseen digitaalista kaksosta ole vielä näin käytetty, toisin kuin tapausyrityksissä A ja B.

Tapausyritysten tuottamia palveluita voisi haastateltavan mukaan jollain tavalla laajentaa digitaalisen kaksosen myötä, mutta hän myös pohtii tapausyrityksen roolia tällaisessa kehitystyössä. Järjestelmän kehitykseen liittyvät toimenpiteet kuuluvat hänen mukaansa ennemmin automaatiojärjestelmätoimittajalle kuin tapausyritykselle, joka on laitevalmistaja eikä digikaksosjärjestelmien valmistaja. Haastateltava kertoo, että onnistuessaan robotin ja laitteen välinen rajapintatyöskentely toisi tapausyrityksen kuitenkin ennakkotapausten joukkoon laitevalmistajien joukossa ja kehittäisi automaatiomahdollisuuksia. Toimialaan liittyvä automaatio on hänen mukaansa hyvin ajankohtainen mutta samalla kehittyvä teema, ja kaikki toimijat etsivät omia keinojaan tuottaa sitä kautta lisää asiakasarvoa. Digitaalinen

kaksonen voisi olla yksi näistä keinoista, haastattelun perusteella jopa yksi parhaista keinoista, mutta esimerkiksi Barneyn (1991, 103) mukaan siitä saatava kilpailuetu saattaisi loppujen lopuksi olla lyhytkestoinen nimenomaan aiheen kiinnostavuuden ja ajankohtaisuuden vuoksi. Mikäli tapausyritys C suurena toimijana päätyisi toimialalla digitaalisten kaksosten edelläkävijäksi, muut toimijat saattaisivat lähteä jäljittelemään heidän ratkaisujaan tai vaihtoehtoisesti löytää korvaavia mutta yhtä päteviä ratkaisuja automaatiohaasteisiin. Toisaalta Barney (1991) on myös todennut, ettei itse työkalu tuotakaan kilpailuetua vaan sen käyttötapa, joka voi olla teknologiaa vaikeammin jäljiteltävissä, ja ensimmäinen digitaalisten kaksosten hyödyntäjä saattaisi saavuttaa edelläkävijän etuja, kuten asiakaskunnan kiinnostuksen (Barney 1991, 104). Toistaiseksi kuitenkin lähes kaikki haastateltavat tapausyrityksestä riippumatta ovat kertoneet, ettei asiakaspuolella ei ole herännyt vielä kovin suurta kiinnostusta digitaalisia kaksosia kohtaan.

Haastateltava huomauttaa tapausyrityksellä laitevalmistajana olevan vain yksi näkökulma aiheeseen, eikä digitaalisella kaksosella välttämättä pysty ratkaisemaan kaikkia aiheeseen liittyviä kysymyksiä. Digitaalisista kaksosista on hänen mukaansa jopa enemmän hyötyä suoraan loppukäyttäjille tai digitaalisia kaksosia toimittaville yrityksille. Toisaalta, kuten tapausyritys A:nkin tapauksessa, digitaalisia kaksosia voisi käyttää myös ainoastaan yrityksen sisäisesti eikä sen tarvitsisi olla liitännäinen ulospäin myytäviin tuotteisiin tai palveluihin (West et al. 2021).

"...tosiaan, kun me ollaan silleen, vähän ehkä silleen siin sivussa, liipastaan sitä vaan yhestä kulmasta tietyllä tavalla. Niin tällä hetkellä nyt, sanotaan, et se ei hirveästi näy meille päin, et nää on ehkä enemmän niitä järjestelmätoimittaja-, loppukäyttäjätyökaluja. " – Haastateltava 4

Haastateltava 4 näkee, että järjestelmäintegraatiot ja siten rajapintatyöskentely ovat nykyään vielä pitkälti projektiluontoisia räätälitöitä. Hänen mukaansa erityisesti innovatiivisuuteen panostavat yritykset voisivat lähteä tällaiseen kehitystyöhön mukaan, ja aiemmassa roolissaan haastateltava on itsekin ollut tällaisissa projekteissa mukana. Kehitystyö ja uuden soveltaminen vaativat kuitenkin runsaasti resursseja, ja siksi uusia toimintamalleja kehittävät yritykset ovatkin haastateltavan mukaan usein olleet kokoluokaltaan suuria. Korepin et al. (2024, 696) huomauttavat niin ikään, että teknologiseen kehitykseen käytettävä rahamäärä kasvaa usein liikevaihdon kasvun tahdissa, eli erityisesti suuret yritykset käyttävät kehitystyöhön merkittävän määrän resursseja. Haastateltava on itse pyrkinyt nykyisessä roolissaan

tuomaan integraatio- ja rajapinta-ajattelua myös tapausyrityksen toimintaan, jotta yritys olisi ensimmäisten laitevalmistajien joukossa näitä haasteita ratkaisemassa. Tämä tukisi tapausyrityksen aiempaa tuotejohtajamaista (Treacy & Wiersema 1995) toimintatapaa.

Toinen rajapintoihin liittyvä haaste haastateltavan mukaan löytyy hallinnolliselta tasolta. Tapausyrityksellä on käytössään paljon rajapintoja ja muita datalähteitä, joiden avulla se saa runsaasti dataa käyttöönsä. Digitaalisesta kaksosesta haastateltavan 4 mukaan ei kuitenkaan tällä hetkellä ole minkäänlaista standardia, joka ohjaisi datan keräämistä ja raportointia. Esimerkiksi työkappaleen työstämisestä sekä simuloinnista voisi saada enemmänkin tietoa. Haastateltava 4 kokee, että digitaalinen kaksonen olisi hyvä integroida yrityksen tuotantojärjestelmiin, jotta data saataisiin hyötykäyttöön. Erityisesti hän kaipaisi lisätietoa digitaalisen kaksosen avulla työkappaleista sekä muusta todellisesta tuotannosta. Samoin haastateltavaa kiinnostaisi vertailla digitaalisesta kaksosesta saatavaa dataa ja fyysisestä ympäristöstä syntyvää dataa (myös mm. Grieves 2015; Mirza 2021; Yan et al. 2022, 1108; Ouahabi et al. 2024) ja käyttää esimerkiksi tekoälyä näiden analysointiin. Tekoäly onkin hänen mukaansa, sekä myös muun muassa Ouahabin et al. (2024) mukaan, yksi olennaisista teemoista myös digitaalisista kaksosista keskusteltaessa, sillä se mahdollistaa digitaalisten kaksosten ja niiden tuottaman datan soveltamisen. Haastateltava pohti tekoälyn olevan kenties jopa vaatimus datankäsittelyssä, sillä suurien datamäärien tehokas analysointi on muuten hankalaa. Esimerkkinä hän mainitsee kinemaattisen analyysin liikeratojen ja törmäysten kohdalla, jotka sisältävät runsaasti eri ratkaisuvaihtoehtoja. Tekoälyn avulla ohjelman voisi kouluttaa niin, että se käy läpi tietynlaiset ratkaisukombinaatiot läpi ja toisaalta jättää irrelevantit kombinaatiot pois.

Hankkeen aikaisten testien myötä on haastateltavan mukaan kerätty dataa, jota tapausyrityksessä on käytetty tekoälyn kouluttamiseen. Datan avulla tapausyritys voisi lisäksi tehdä haastateltavan mukaan entistä parempaa tilastointiseurantaa sekä kehittää liiketoimintamittareitaan, ja esimerkiksi Korepin et al. (2024, 692) sekä Liu et al. (2021, 355) nostavat elinkaaritietouden sekä erityisesti valmistajan roolin elinkaarenhallinnassa yhdeksi digitaalisen kaksosen tehtävistä. Tähän asti haastateltavan mukaan automaatiotilastoinnissa on kuitenkin ollut haasteita, ja tapausyritys kaipaisi lisää tietoa nimenomaan tuotteidensa elinkaaresta tehtaalta lähdöstä eteenpäin. Lisäksi haastateltava 4 mainitsee kiinnostaviksi tilastointikohteiksi esimerkiksi asiakkaiden ja toimialan tarpeiden sekä tapahtumien seurannan. Lisäksi tuotantojärjestelmiin integroitu digitaalinen kaksonen voisi tuottaa tietoa käytetyistä roboteista

sekä niiden liikeradoista, nopeuksista ja parametreista. Näiden tietojen avulla tapausyritys voisi fokusoida tuotetyötään paremmin ja luoda parempaa asiakasarvoa.

Vaikka monet haasteet ja tapausyrityksen rooli niiden ratkaisemisessa ovat vielä epäselviä, digitaalinen kaksonen on hankkeena haastateltavan mukaan kuitenkin tuonut tapausyritys C:n toimintaan paljon lisää yhteistöitä, uusia tulevaisuuden näkymiä ja kehitysideoita. Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan toimijoiden välinen yhteistyö tuottaa usein lisäarvoa, ja organisaatioiden muodostamat verkostot voivat täydentää toisiaan sekä luoda uudenlaisia innovaatioita. Vaikka tapausyritys C ei siis itsenäisesti löytäisikään kaikkiin haasteisiin ratkaisua, hankekumppanien ja siitä syntyneiden yhteistöiden myötä toimialalle voi syntyä keskeisiä automaatioon ja digitaalisiin kaksosiin liittyviä ratkaisuja (mm. Korepin et al. 2024, 698).

5.4 Tapaus D: Kohti asiakasarvoa ja sen yli

”No tällä hetkellä tämän digitaalisen kaksosen tehtävä vähän varmistaa se, että pystytään, tota niinku, se arvolupaus tuomaan sille asiakkaalle. Mitä on luvattu, että mitä se laite pystyy tekemään, niin mielellään vähän ylikin sen.” – Haastateltava 5

Tapausyritys D on pieni kone- ja prosessisuunnittelua tekevä lahtelainen yritys, jonka keskeisiä tuotteita ovat tuotantolinjat sekä muunlaiset koneet. Toimialalla toimii lähes 2000 muutakin yritystä, jotka työllistävät suomalaisia lähes 13 000 henkilötyövuoden verran. Yritysten yhteenlaskettu liikevaihto on yli kaksi miljardia euroa. (Tilastokeskus 2024) Haastatteluun osallistui yrityksen toimitusjohtaja (haastateltava 5), jolla on aiempaa tietämystä digitaalisista kaksosista erityisesti tieteellisestä näkökulmasta.

Tapausyrityksellä D on yhteen tuotetyyppiin liitännäinen digitaalinen kaksonen, jonka yksi keskeisimpiä tehtäviä on koneen toiminnan simulointi. Fyysinen laite toimii ympäristössä, jossa se saa monenlaisia erilaisia fyysisiä työkappaleita käsittelyynsä nopealla tahdilla. Osa työkappaleista voi olla viallisia, ja osalla puolestaan on täysin omanlainen roolinsa kokonaisuudessa, jolloin laitteen toiminta on jatkuvasti muuttuvien tekijöiden armoilla. Lisäksi laitteet ovat aina jollain tavalla uniikkeja, sillä ne sopeutetaan asiakkaan toimitiloihin. Digitaalinen kaksonen itsessään rakennettiin kuitenkin haastateltavan mukaan niin sanotuksi yleismalliksi, joka on vain tapausyrityksen käytössä eli asiakasyritykset eivät sitä saa käyttöönsä. West et al. (2021) huomauttavatkin, että digitaaliset kaksoset saattavat jopa tuottaa enemmän

hyötyjä yrityksen sisäisesti käytettynä kuin kaupallisena työkaluna. Lisäksi Uhlenkamp et al. (2022, 69629) ovat tunnistaneet tapauksia, joissa yleismallisia digitaalisia kaksosia käytetään useassa eri yhteydessä muuttamalla räätälöitäviä parametreja.

Digitaalisen kaksosen käyttö aloitettiin noin kaksi vuotta sitten automaatiopäällikön, joka tutustui aiheeseen itsenäisesti, toimesta. Itsenäinen aiheen opiskelu on sitä itseohjautuvaa johtajuutta ja jatkuvaa oppimista parhaimmillaan, mitä esimerkiksi Viitala ja Jylhä (2019) korostivat. Samalla se on tapausyrityksessä minimoinut Xinin ja Wangin (2024, 2236) huolen siitä, että yrityksissä teknologinen kehitys ja toimijoiden kyvyt eivät kohtaa ja siten digitaaliset kaksoset jäävät käyttämättä. Toisaalta tapausyritys D:ssä vaikuttaisi tapauksen perusteella olevan oppimiseen kannustava yrityskulttuuri, ja kun automaatiopäällikkö oli kertonut perehtyvänsä digitaalisiin kaksosiin helpottaakseen työtään, haastateltava kertoo vastanneensa yksinkertaisesti *anna mennä*. Sekä jatkuvan kehittymisen mahdollistava ilmapiiri että oppimismahdollisuudet hyödyntävä työntekijä ovatkin tapausyritykselle varmasti arvokkaita resursseja. Muiden toimijoiden voi olla myös vaikea jäljitellä tällaisista lähtökohdista lähteviä innovaatioita, sillä ihmisiin ja organisaatioon liittyvät resurssit ovat usein sosiaalisesti monimutkaisia ja siksi vaikeasti kopioitavia (Barney 1991, 110).

Digitaalisen kaksosen rakentamisen taustalla oli haastateltavan mukaan ohjelmistomuutos. Yritys on aiemmin käyttänyt ulkopuolisten tekijöiden ohjelmia, joiden tuotokset ovat olleet haastateltavan sanoin *purukumivirityksiä*. Kun yritys lähti uudistamaan ohjelmistoaan, he halusivat varmistua ohjelman toimivuudesta ja oikeanlaisista parametreista. Vanhat ohjelmat olivat esimerkiksi johtaneet satunnaisesti törmäyksiin ja hajoamisiin, joten digitaalisella kaksosella ja uudella ohjelmalla pyrittiin vastaamaan samanlaisiin haasteisiin kuin tapausyrityksessä C:kin. Serbulovan (2021) mukaan digitaalinen kaksonen onkin tällaiseen tehtävään hyvin sopiva työkalu.

”Ohjelma meni uusiksi … niin sitten sillä pystyi testaa kaikki ne läpi ja kattoa että onko siellä jotain sitten tämmöistä, niin, pitemmässä juoksussa, että onko siellä jotain sitten hölmöjä liikkeitä tai muuta.” – Haastateltava 5

Tapausyritys on haastateltavan 5 mukaan kehittänyt digikaksosteknologiaa ainoastaan yhteen laitetyyppiin, sillä pienen yrityksen resurssit eivät riitä aktiiviseen kehitystyöhön (myös mm. Korepin et al. 2024, 698). Heidän toimintansa pääpaino on aina asiakasprojekteissa, mutta yritys halusi rakentaa yhden digitaalisen kaksosen nimenomaan laitteen ohjelmoinnin

haastavuuden vuoksi. Tapausyrityksen toimintamalli on esimerkiksi Korepinin et al. (2024, 698) artikkelin mukainen, sillä artikkelissa suositellaan pienten yritysten aloittavan digikaksosimplementaation pienesti kriittisistä prosesseista. Muiden laitteiden toiminta on haastateltavan mukaan paljon yksinkertaisempaa, jolloin niiden haasteisiin pystytään vastaamaan toisenlaisilla keinoilla. Haastateltava muun muassa kertoo, että yritys on hyödyntänyt simulaatiota ja tekoälyä toisenlaisen tuotetyypin yhteydessä. Kyseinen laite analysoi työstettävää työkappaletta ja sen ominaisuuksia sekä laskee optimaaliset liikeradat kappaleen työstöä varten. Koska jokainen työkappale on ainutlaatuinen, laite ei voi työstää jokaista kappaletta samalla tavalla, ja tehokkaaseen työskentelyyn vaaditaan loogista ja järjestelmällistä analyysia. Tekoälyn ja simulaation avulla yritys on onnistuneesti saanut lisättyä laitteen tehokkuutta ja myynyt kyseistä laitetta jo asiakkailleen.

Yritys suunnittelee tuotteensa 3D:nä ja tarjouskuvansa 2D:nä. Digitaalinen kaksonen sisältää haastateltavan 5 mukaan mallin lisäksi fyysisen kappaleen ja virtuaalisen mallin välisen kommunikaation, joka on hänen käsittääkseen pitkälti automaattinen. Digitaalista kaksosta hyödynnetään erityisesti laitteen kokoonpanossa ja testauksessa (mm. Ouahabi et al. 2024) eli elinkaaren keskivaiheilla (Schroeder et al. 2016, 13), jolloin yritys voi varmistaa laitteen toimivuuden sekä tekemänsä asiakasarvolupauksen täyttymisen tai jopa ylittymisen. Myös Viitala ja Jylhä (2019) ovat korostaneet testauksen tärkeyttä sekä kustannusten että asiakasarvon kannalta, ja Korepin et al. (2024, 698) puolestaan nostavat esiin digitaalisten ratkaisujen panoksen laadun takaamisessa. Digitaalinen kaksonen on myös haastateltavan mukaan parantanut projektien läpivientiä (mm. Aamer et al. 2024) ja aikataulussa pysymistä. Tapausyritys kokoonpanee ja testaa tuotteen omissa toimitiloissaan, minkä jälkeen tuote puretaan ja lähetetään asiakkaan tehtaalle. Mikäli tuote ei toimisi oletetulla tavalla saapuessaan, se tuottaisi runsaasti kustannuksia sekä asiakkaalle että tapausyritykselle, joten digitaalisen kaksosen avulla tehtävä testaus on tärkeässä roolissa yritystoiminnassa.

Haastateltavan 5 mukaan digitaalista kaksosta ei varsinaisesti käytetä innovoinnissa, mutta toki esimerkiksi simulaation myötä syntyy uusia löydöksiä ja ideoita. Lisäksi digitaalinen kaksonen antaa yritykselle tietoa koneen toiminnasta ilman, että fyysistä kappaletta täytyy käyttää (myös mm. Serbulova 2021; Liu et al. 2021, 356; van der Aalst et al. 2021, 616). Yritys seuraa digitaalisen kaksosen avulla esimerkiksi energian ja paineilman kulutusta, vaikkakin haastateltava kertoo fyysisen kappaleenkin tuottavan samaa dataa. Siten digitaalinen kaksonen ei informaatiollaan tuo runsaita määriä lisäarvoa toimintaan. Haastateltavalla

on kuitenkin mielessään runsas määrä erilaisia lisäinformaatiomahdollisuuksia, ja muun muassa Serbulovakin (2021) mainitsee digitaalisen kaksosen tuottavan sellaista tietoa, jota fyysisestä kappaleesta ei voi suoraan saada. Esimeriksi ympäristönäkökulmat huomioiva digitaalinen kaksonen lisäisi haastateltavan sekä Ouahabin et al. (2024) mukaan laitteen arvoa huomioimalla vaikkapa sähkönkulutuksen tai päästöjen määrän. Yritysvastuu onkin Viitalan ja Jylhän (2019) mukaan etenkin viimeisten vuosikymmenten muuttunut entistä velvoittavampaan suuntaan, joten vastuullisuusnäkökulman huomioiminen olisikin arvokas lisä kaksoselle.

Digitaalista kaksosta käytetään tapausyrityksessä myyntityössä esimerkiksi simuloimalla kapasiteettia asiakkaalle (myös mm. Holopainen et al. 2024). Haastateltava kertoo, että myynti voisi tulevaisuudessa lisäksi hyödyntää kaksosta näyttämällä asiakkaille laitteiden erilaisten konfiguraatioiden tai variaatioiden mahdollisuudet. Operatiivisesta näkökulmasta haastateltavaa kiinnostaisi myös komponenttien elinkaari ja huollontarve sekä tuotannon ongelmakohtien ratkaiseminen, mitä saattaisi edesauttaa toimittajien integrointi digitaalisen kaksosen toimintaan. Esimerkiksi koneen seisonnasta syntyvä hukka-aika olisi arvokasta tietoa sekä tapausyritykselle että asiakkaalle, sanovat niin haastateltava kuin Serbulovakin (2021). Lisäksi haastateltava nostaa esiin ihmislähtöisen näkökulman teknologiaan pohtimalla työntekijän olotilan vaikutusta työskentelyyn sekä digitaalisen kaksosen vaikutuksen työskentelyolosuhteisiin (myös mm. Ouahabi et al. 2024). Esimerkiksi digitaalisella kaksosella tehtävä testaus mahdollistaa etätyöskentelyn ja aiempaa vapaammat aikataulut, mikä saattaa edistää työhyvinvointia. Kuitenkin hän myös pohtii, että onko tällaisen näkökulman sisällyttäminen digitaaliseen kaksoseen mahdollista, ja esimerkiksi Leonardi ja Leavellkin (2024, 103, 105) huomauttavat sosiaalisten näkökulmien sisällyttämisen digitaaliseen kaksoseen olevan haastavaa.

Tapausyrityksen resurssit ovat haastateltavan mukaan niin tarkkaan jo käytössä, ettei informaationsaantia ole voitu lähteä kehittämään, mikä on tunnistettu kirjallisuudessakin yleiseksi pienten yritysten haasteeksi. Toisaalta myöskään asiakkaat eivät ole tällaista toivoneet, ja siksi yrityksellä ei ole ollut motivaatiota siirtää resursseja kehitystyöhön. Yritys pohtiikin jatkuvasti, että mikä on heidän toimintansa kannalta järkevää ja kustannustehokasta sekä mistä asiakkaat ovat valmiita maksamaan. Tapausyrityksen lähestymistapa digitaaliseen kaksoseen on asiakaskeskeisyyden ja kustannusjohtamisen (Treacy & Wiersema 1995) välimaastoa, sillä pienenä yrityksenä sen on erityisen tärkeää virtaviivaistaa prosessejaan

sekä tarkkailla kustannusrakennetta. Kuitenkin räätälöityine tuotteineen se työskentelee hyvin lähellä asiakasrajapintaa sekä kuuntelee myös asiakkaidensa tarpeita. Yrityksessä myös mahdollistetaan jatkuva oppiminen sekä työntekijöistä lähtevät kehitysehdotukset, minkä vuoksi se on positiointiteorian puitteissa myös melko tuotejohtajamainen.

Digitaalisen kaksosen ja tiedonsaannin kehittäminen on räätälöityä työtä, johon kuluu runsaammin resursseja kuin vakioituun työhön. Digitaalisen kaksosen rakentamisprosessin tulisi haastateltavan mukaan siis olla nopeampi ja tehokkaampi, jotta siitä olisi tapausyritykselle pitkässä juoksussa hyötyä. Toisaalta haastateltava punnitsee nopeuden merkitystä eri tuotantovaiheissa, sillä suunnitteluun käytetty aika usein kuitenkin vähentää tekemiseen ja testaukseen käytettävää aikaa. Pitkät fyysisen kappaleen testausperiodit eivät hänen mukaansa myöskään ole halpoja toteuttaa ja edellyttävät jatkuvaa läsnäoloa. Samoja teemoja, kuten testauksen tärkeyttä ja suunnitteluajan lyhenemistä, nostaa esiin Serbulova (2021). Lisäksi haastateltavan mukaan mallin tarkkuus on yksi digitaalisen kaksosen haasteista, jota ei ole pystytty ratkaisemaan ja joka on nostettu kirjallisuudessakin esiin (mm. Lyytinen et al. 2024; Leonardi & Leavell 2024). Haastateltava esimerkiksi pohtii sitä, miten tarkasti digitaalinen kaksonen simuloi todellista konetta ja sen toimintaa. Fyysisen kappaleen ominaisuuksien, kuten massan, hän uskoo olevan kohdillaan mutta esimerkiksi erilaisten toleranssien täsmällisyys saattaa olla epävarmaa.

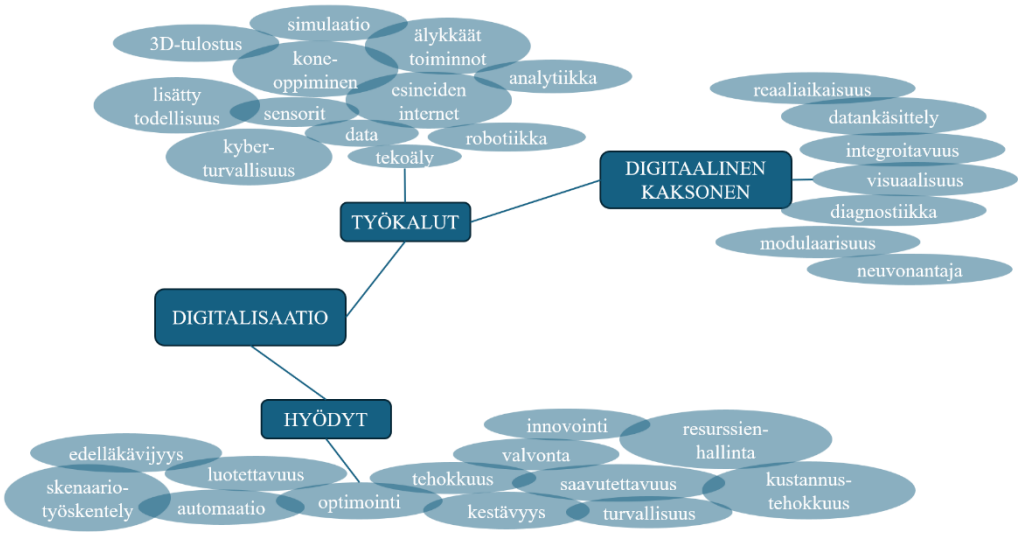
Haastateltavan mukaan käytännön näkökulma ja erityisesti uusien teknologioiden tuomat kustannukset jäävät usein puuttumaan tieteellisestä kirjallisuudesta, ja sen vuoksi digitaaliset kaksoset ovat herättämästään mielenkiinnosta huolimatta vielä toistaiseksi vähän käytettyjä käytännön työelämässä. Esimerkiksi Korepin et al. (2024, 698) nostavat kustannus- ja tuotantotehokkuuden digitaalisten kaksosten eduiksi, mutta toisaalta heidän tutkimansa caseyritykset ovat kansainvälisiä teknologiajättejä, joilla on mahdollisuus sitoa resurssejaan kehitystyöhön pieniä yrityksiä vapaammin. Siksi pienten yritysten, kuten tapausyritys D:n, esille tuomat käyttökohteet, haasteet ja mahdollisuudet ovatkin mielenkiintoinen lisä digikaksoskirjallisuuteen.

5.5 Tapaus E: Digitalisaation edelläkävijä

Tapausyritys E on suuri sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittaja, jolla on toimintaa Lahdessa. Yritys tarjoaa laajalla valikoimalla koneita,

järjestelmiä ja palveluita toimialan tarpeisiin. Toimiala koostuu noin 40–50 yrityksestä ja niiden yhteenlaskettu liikevaihto on yli neljä miljardia euroa. Henkilötyövuosia yrityksiin mahtuu noin 8500. (Tilastokeskus 2024; Kauppalehti 2025) Yrityksestä haastateltiin tuotekehitysjohtajaa (haastateltava 6).

Tapausyritys kertoo verkkosivuillaan (kuva 12) osallistuvansa aktiivisesti neljännen teollisen vallankumouksen digiaaltoon ja mainitsee kiinnostuksen kohteikseen erityisesti muun muassa datan, automaation, teollisen esineiden internetin, tekoälyn sekä kyberfyysisen ympäristön. Tapausyritys uskoo vallankumouksen myötä digitalisoituvien tehtaiden parantavan tehokkuutta (myös mm. Korepin et al. 2024, 695) sekä luovan täysin uusia mahdollisuuksia liiketoimintaan. Niin tapausyritys kuin tutkimuksetkin (mm. Korepin et al. 2024, 698; Lyytinen et al. 2024; Wang et al. 2024, 175) nostavat resurssienhallinnan sekä prosessien mallintamisen esiin digiratkaisujen yhteydessä. Lisäksi myös digitaalisten kaksosten reaaliaikaisuus sekä valvonta- ja optimointimahdollisuudet on nostettu esiin digitalisaatiokeskustelussa (kuva 12; mm. Liu et al. 2021, 354; Ouahabi et al. 2024; Wang et al. 2024, 175), samoin kuin sen rooli neuvonantajana (mm. West et al. 2021). Toisaalta yritys uskoo vallankumouksen aiheuttavan myös häiriötilanteita toimintaan, minkä vuoksi digitalisaatio edellyttää selkeää strategista visiota. Yritys ei kuitenkaan erittele sitä, minkälainen vision tulisi olla tai mitä sen tulisi sisältää.



Kuva 12. Tapausyritys E:n verkkosivuilla kuvaamat digitalisaation työkalut ja niiden hyödyt.

Digitaaliset kaksoset ovat haastateltavan 6 mukaan laajasti käytössä tapausyrityksessä E, ja verkkosivuilla yritys kertoo kehittävänsä digitaalisilla kaksosilla erityisesti tehdasautomaatiota ja optimointimahdollisuuksia. Haastateltavan näkemyksen mukaan niitä käytetäänkin

pääasiassa automaatiojärjestelmien suunnitteluun ja kehittämiseen (myös mm. Holopainen et al. 2024, 1786), minkä lisäksi niillä on suuri rooli koneenkäyttäjien kouluttamisessa. Myös ensimmäistä NASA:n digitaalista kaksosta käytettiin käyttäjäkoulutukseen (Boschert & Rosen 2016), joten käyttökohde on kaksoselle hyvin ominainen. Digitaaliset kaksoset luovat tapausyritykselle käyttöarvoa nimenomaan tuotteiden ja palveluiden elinkaaren alkupäässä sekä keskivaiheilla (Schroeder et al. 2016, 13), sillä niitä käytetään jo ennen kuin esimerkiksi asiakkaan tehdastilat ovat valmiita käyttöön. Haastateltava kertookin, että kaksoset tukevat toimintaa koko ajan enemmän ja enemmän.

Digitaalisia kaksosia rakennetaan muutamalla eri ohjelmistolla, ja ne ovat olleet osa yrityksen toimintaa noin yhdestä viiteen vuotta tuotteesta riippuen. Verkkosivujensa mukaan yrityksen digitaaliset kaksoset hyödyntävät tekoälyä datankeräyksessä ja -käsittelyssä (kts. myös Ouahabi et al. 2024; tapausyritys C), ja lisäksi yrityksellä on haastateltavan 6 mukaan oma ohjelmisto (*inhouse-ohjelmisto*), johon on kehitetty tarvittavia ominaisuuksia ja joka muun muassa tukee käyttäjäkoulutusta sekä kehitystyötä. Haastateltavalla itsellään on kokemusta nimenomaan ulosmyytäviin tuotteisiin liittyvistä digitaalisista kaksosista, mutta uskoo yrityksen sisällä olevan myös monia muita digitaalisia prosesseja, mikä tulee esiin myös sekundääridatasta ja tukee Westin et al. (2021) tutkimusta. Haastateltava mainitsee kuitenkin, että digitaalista kaksosta hyödyntävät pääasiassa automaatio- ja koodaustiimit mutta myös markkinointi, ja esimerkiksi koulutukseen käytetty digitaalinen kaksonen on ollut jonkin verran messukäytössä.

Yksittäisestä tuotteesta tai tuotelinjasta tehty digitaalinen kaksonen sisältää sekä mekaanisia osia kuvaavan mallin että kaikki sen järjestelmät. Haastateltava kertoo digikaksosen auttavan tästä syystä kehittäjiä ymmärtämään tuotteen järjestelmäarkkitehtuuria kokonaisuutena, sillä monesti eri tiimit käyttävät omia järjestelmiään. Niiden yhteensovittaminen saattaa muodostua ongelmaksi vaikkapa tuotteen kokoamisvaiheessa (mm. Schroeder et al. 2016, 13), mikäli järjestelmien rajapintoja ei ole ennakkoon suunniteltu sovittamaan kaikkia järjestelmiä yhteen. Kun järjestelmät ja rajapinnat on määritelty digitaalisesti esimerkiksi kaksosen kautta, eri sidosryhmät kommunikoivat ja huomioivat haastateltavan mukaan toistensa osuudet paremmin (myös mm. Serbulova 2021; West et al. 2021; Holopainen et al. 2024, 1786), sillä kaksosta suunniteltaessa mietitään esimerkiksi data- ja päätöksentekotarpeet sekä tarvittavat järjestelmät valmiiksi. Myös muiden tiimien tekemät muutokset sekä synergiaedut tulevat aiempaa paremmin esiin. Haastateltava kertoo, että digitaalinen kaksonen

auttaa tällä tavalla myös tiimien välisessä kommunikaatiossa ja läpinäkyvyyden lisäämisessä, ja esimerkiksi pullonkaulat sekä kehittämistarpeet nousevat selkeämmin esiin. Kehitystyönkin voi siis kohdistaa entistä tehokkaammin järjestelmäkokonaisuutta katsoen, jolloin turha työ eliminoituu.

Haastateltavan mukaan digitaalinen kaksonen voidaan rakentaa ennen fyysistä kappaletta, jolloin sen arvo tulee esiin suunnittelussa, tai myös fyysisen kappaleen jälkeen (myös mm. Liu et al. 2021). Esimerkiksi valmiit tehdasympäristöt ovat mittasuhteiltaan ja muilta ominaisuuksiltaan ainutlaatuisia, ja vaativat suunnittelutyössä räätälöityjä ratkaisuja (*asiakaskeskeisyys*; Treacy & Wiersema 1995). Haastateltava kertoo, että digitaaliset kaksoset kuitenkin pääasiassa kehitetään samanaikaisesti asiakastehtaan kokonaissuunnitelman kanssa. Kun tehtaan suunnitelma tarkentuu, tapausyritys määrittelee digitaalisen kaksosen moduulit räätälöidysti sekä tarkentaa automaatiorajapintoja. Tehdasautomaation myötä puolestaan simulointimallit tarkentuvat ja tulevat näkyvämmäksi osaksi suunnittelua, ja ohjelmasuunnittelujen valmistuttua simulaattorit lähtevät pyörimään. Tällöin digitaalinen kaksonen on valmis käytettäväksi. Digitaalinen kaksonen siis elää ja kehittyy fyysisten muutosten mukaan, minkä ovat nostaneet esiin muun muassa Schroeder et al. (2016) sekä Liu et al. (2021). Haastateltava kuitenkin sanoo, että yksittäisiin koneisiin kohdistuvat digitaaliset kaksoset ovat hankalammin implementoitavissa kokonaisuuksiin kuin kokonaisiin tehtaisiin liittyvät kaksoset, sillä ne eivät yleensä liity tiettyyn projektiin. Tällöin kaksosen kehittäminen on enemmän tuotekehityksen vastuulla.

Digitaalisten kaksosten päätehtävä on haastateltavan 6 mukaan jäljitellä tulevaa tai olemassa olevaa prosessia, jolloin esimerkiksi käyttökoulutus voidaan tehdä etukäteen. Koulutuksessa käytetään samanlaisia näyttöpäätteitä kuin tehtaaseen asennetaan ja niiden avulla käyttäjät opettelevat käyttöönotettavan prosessin ja tulevat työtehtävänsä. Tällöin käyttäjät ovat valmiimpia käyttämään tehdasta sen valmistuessa. Myös esimerkiksi virhetilannetoiminnan opettaminen on helpompaa, sillä asiakkaan operaattoreiden ei tarvitse odottaa aitoja virhetilanteita tai opetella oikeita toimintamalleja kiireen ja paineen alaisena. Sen sijaan virheitä voi simuloida digitaalisella kaksosella, ja käyttäjät pääsevät täysin steriilissä niin sanotussa luokkahuoneympäristössä harjoittelemaan oikeita toimintatapoja. Samoja teemoja nostavat artikkelissaan esiin myös Serbulova (2021), West et al. (2021) sekä Liu et al. (2021, 354), jotka myös korostavat tällaisen digitaalisten kaksosten käyttötavan edellyttävän monimutkaisten ilmiöiden mallintamista sekä riittävää määrää dataa. Haastateltava myös mainitsee,

että käyttäjiä on usein satoja, ellei jopa tuhansia, joten ennakoiville koulutuksilla on jatkuva tarve.

Digitaalisten kaksosten avulla tapausyritys voi tehdä kehitystoimenpiteitä automaatio- ja tietojärjestelmille, sillä se saa kaksosten avulla tietoa prosessien toiminnasta. Haastateltava 6 kertoo, että kaksoset laajentavat ymmärrystä ja mahdollistavat aivan uudella tavalla testiajot. Mikäli esimerkiksi oikealla tehtaalla tai koneella ei haluta tehdä kokeiluja, ne voidaan tehdä digitaalisella kaksosella (myös mm. Serbulova 2021; Liu et al. 2021, 356; van der Aalst et al. 2021, 616; tapausyritys D). Lisäksi prosessin lopullinen olomuoto paranee jatkuvasti, kun tapausyrityksen kehittäjät pääsevät ennakkoon kokeilemaan prosessin toimivuutta. Kehitystyön laajempi mahdollistaminen olikin yksi motivoiva tekijä digitaalisten kaksosten käyttöönoton taustalla, kertoo haastateltava, ja hän toivoisi digitaalisilla kaksosilla olevan vielä suurempi rooli innovoinnissakin. Ennen kehitys- ja koulutustyötä olisi päässyt tekemään vasta asiakastehtaan valmistuttua tuotannon ollessa jo käynnissä, jolloin esimerkiksi testit ovat hankalampia ja riskialttiimpia aiheuttamaan vahinkoa tuotannolle.

Toisaalta digitaaliset kaksoset tuottavat arvokasta tietoa myös asiakkaille, sillä he voivat seurata esimerkiksi käyttäjien koulutuksen etenemistä tai omien laitteidensa suorituskykyä. Myös esimerkiksi laitteeseen syötetyistä raakamateriaaleista sekä prosessivaiheista on mahdollista saada tietoa. Verkkosivujensa mukaan tapausyrityksen digitaaliset kaksoset tuottavat informaatiota asiakasyrityksille esimerkiksi mittareiden, diagnostiikan ja tuotantorajojen muodossa. Heidän mukaansa digitaalinen kaksonen pääsee käsiksi sellaiseen tietoon, joka saattaisi olla muuten näkymättömissä mutta vaikuttaa silti tuotantoon, mikä on osittain ristiriitainen tutkimustiedon kanssa. Muun muassa Mirza (2021, 8) ja Yan et al. (2022, 1108) ovat todenneet kaksosten saavan ihmistä paremmin tietoa käyttöönsä, mutta esimerkiksi West et al. (2021) ovat maininneet digitaalisten kaksosten haasteiksi datanpuutteen, eli kaksonen ei saa kaikkea tarvitsemaansa tietoa, jolloin digitaalisen kaksosen toiminnassa korostuu teknologian ja ihmisen välinen yhteistyö. Laaja tietopohja mahdollistaa ennakoivan ja johdonmukaisen päätöksenteon niin sekundääridatan kuin esimerkiksi Korepinin et al. (2024, 694) mukaan. Esimerkiksi huollontarpeen arviointi, skenaariotyöskentely ja poikkeamiin reagointi ovat mahdollisia digitaalisen kaksosen avulla. Lisäksi digitaalinen kaksonen helpottaa tuotannollisia laskutoimenpiteitä ja aikataulutusta (myös mm. Kunath & Winkler 2018, 229–230; West et al. 2021; Ouahabi et al. 2024).

Haastateltava on kuitenkin sitä mieltä, että digitaalisista kaksosista voisi saada runsaasti enemmän tietoa kuin siitä tällä hetkellä saadaan. Hän toivoisi esimerkiksi enemmän elinkaaritietoutta kuten myös haastateltava 4, mutta haasteena on erityisesti tuotteiden räätälöitävyys. Tapausyrityksen haasteena on haastateltavan mukaan niin sanotusti tuotteistaa tai vakioida digikaksospalvelua hyvin tarkasti yhtä laitetta kuvaavien mallien osalta, koska se johtaa mallien räätälöintiin toimituksen mukaisesti. Kaksosen kehittäminen on aina investointi, jonka panoshyötysuhde on tuntematon, sillä haastateltavan mukaan tulevaisuuden myynti ei ole niin helposti ennustettavissa. Jos tapausyritys päättäisi esimerkiksi kehittää tietylle koneelle digitaalisen kaksosen ja konetta ei myytäisikään vielä moneen vuoteen, kaksosen hyöty jää saamatta. Myös liian yleiselle tasolle jätetyt digitaaliset kaksoset ovat haastateltavan mielestä hyödyttömiä, mutta esimerkiksi Uhlenkamp et al. (2022, 69629) näkevät yleisissä malleissa myös mahdollisuuksia. Esimerkiksi tapausyritys D käyttää digitaalista kaksosta yleisenä mallina, mutta toisaalta heidän asiakkaansa eivät ota kaksosta käyttöönsä. Tapausyrityksen E toimintamallissa tilanne on kuitenkin erilainen asiakkaiden saadessa digitaaliset kaksoset myös omaan käyttöönsä, joten Uhlenkampin et al. (2022) sekä tapausyritys D:n toimintamallit eivät ole suoraan siirrettävissä E:n kontekstiin.

Haastateltava kertoo, että digitaalisen kaksosen rakentaminen on aina merkittävä päätös. Vaikka tapausyritys tekisikin päätöksen investoida uuteen digikaksoseen, tulisi sen silti päättää myös monta muuta asiaa, kuten mihin tarkoitukseen digikaksosen kehitetään ja millä ohjelmistolla kehitystyö tehdään. Myös digitaaliseen kaksoseen sisällytettävät ominaisuudet tulee määritellä, jotta se antaisi tapausyrityksen käyttöön riittävästi tietoa. Haastateltava uskoo, että kaikki toimialan yritykset painivat samojen haasteiden kanssa eikä yhtä kaikkeen sopivaa ratkaisua ole vielä löytynyt. Ongelmien ratkaisun löytäminen voisi siis tuottaa merkittävää kilpailuetua (mm. Porter 1979) tapausyritykselle tai jollekin muullekin toimijalle.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Neljännen teollisen vallankumouksen myötä tutkijoissa ja työelämän toimijoissa on heränyt jatkuvasti kasvava kiinnostus digitaalisia kaksosia kohtaan. Digitaaliset kaksoset ovat jonkin fyysisen kappaleen digitaalisia kopioita, ja fyysinen sekä digitaalinen kappale ovat yhteydessä toisiinsa reaaliaikaisilla datavirroilla. Kaksosille on keksitty varsinkin kirjallisuudessa monta eri käyttötarkoitusta, ja tämän työn tarkoituksena onkin yhdistää olemassa oleva digikaksoskirjallisuus käytännön työelämään erityisesti strategisen ja operatiivisen johtamisen kontekstissa. Myös digitaalisten kaksosten merkitys päätöksenteossa on ollut tämän työn keskiössä.

Strateginen johtaminen on pitkäaikaista ja tavoitteellista työtä, jonka tarkoituksena on ohjata organisaatio kohti tavoitetilaa. Sen keskiössä on strategia, joka sisältää muun muassa mission, liikeidean, arvot sekä vision, minkä vuoksi strategisessa johtamisessa käsitellään usein melko abstrakteja teemoja. Strategian kehitystyössä voi hyödyntää erilaisia työkaluja, kuten Porterin viiden kilpailuvoiman mallia, Barneyn resurssiteoriaa tai Treacyn ja Wierseman positiointiteoriaa. Toisaalta siinä voidaan käyttää hyväksi nykyajan työkaluja, kuten data-analytiikkaa, tekoälyä sekä myös työn kannalta olennaista teemaa, digitaalisia kaksosia.

Operatiivinen johtaminen pyörii ihmisten johtamisen, suunnittelun, organisoinnin ja arvioinnin parissa, eli se sisältää päivittäistä ja melko konkreettistakin työtä. Toisaalta operatiiviseen johtamiseen kuuluu strategian jalkauttaminen, eli organisaation henkilöstön sitouttaminen organisaation yhteisiin tavoitteisiin ja työskentelytapoihin. Digitaaliset työkalut ovat muuttaneet paljon operatiivisen työn luonnetta, ja esimerkiksi automaatio sekä etätyö ovat muodostuneet olennaisiksi osiksi nykyajan työelämää. Uudet konseptit, kuten digitaalinen kaksonen, muuttavat työtapoja entisestään ja voivat parantaa erityisesti teollisuudessa yritysten valvonta-, optimointi- ja kustannuslaskentamahdollisuuksia.

Digikaksos- ja johtamiskirjallisuuden tueksi työssä toteutettiin empiirisenä osiona laadullinen tapaustutkimus, jossa haastateltiin kuutta yritystoimijaa viidestä yrityksestä Päijät-Hämeen alueelta. Kahdessa tapausyrityksessä käytettiin kirjallisuuden määritelmän mukaista digitaalista mallia ja kolmessa yrityksessä oli käytössä simuloiva digitaalinen kaksonen. Tapaustutkimuksen mukaan digitaalisten kaksosten rooli kasvaa koko ajan käytännön työssä,

mutta sen käytössä tunnistettiin myös runsaasti haasteita (taulukko 3). Johtamiseen ja päätöksentekoon kaksosilla ei vielä ole suurtakaan vaikutusta, eikä suoraa yhteyttä strategiseen johtamiseen tunnistettu. Kuitenkin tapausyrityksissä on myös tunnistettu digitaalisten kaksosten tulevaisuuden potentiaali, kuten parempi optimointi tai informaation saatavuus, mutta näiden saavuttaminen vaatisi yrityksiltä sekä niiden toimialoilta runsaasti investointeja sekä yhteistyötä. Myös asiakkaiden neuvotteluvoima sekä kustannukset ovat merkittäviä ajureita digikaksosinvestoinneissa. Osa haastateltavista totesikin digitaalisten kaksosten olevan käytännön työelämässä käytössä paljon pienemmässä mittakaavassa kuin kirjallisuudessa on annettu ymmärtää.

Taulukko 3. Työn tulokset tiivistetysti.

	Dig. kaksosten taso	Haasteet (-) ja mahdollisuudet (+)	Johtaminen ja päätöksenteko
Tapausyritys A	Digitaaliset mallit	+ Asiakastuntemuksen paraneminen - Resurssien käyttö, räätälöitävyys - Tietotaidon taso - Asiakasarvon määrä epävarma - Asiakkaat eivät kiinnostuneita	**Porter (1979):** Kaksoset eivät ole toimialalla käytössä, joten kilpailuvoimat eivät painosta kehitystyöhön. Korvaavat tuotteet asettavat hintakaton kehitystyölle. **Barney (1991):** Dig. kaksoset eivät tuota arvoa, ovat harvinaisia, vaikeasti jäljiteltävissä mutta korvattavissa. **Treacy & Wiersema (1995)**: Dig. kaksosia kehitetään vain asiakastoiveesta; räätälöinti -> asiakaskeskeisyys. **Operatiivisessa** työssä saavutettu etuja dig. mallilla ja muilla dig. ratkaisuilla.
Tapausyritys B	Digitaaliset mallit	+ Kilpailuetujen saavuttaminen - Kustannustehokkuus, kannattavuus - Suurten datamäärien käsittely	**Porter (1979):** Korvaavat tuotteet asettavat hintakaton kehitystyölle. Toimittajien tietotaito tulisi varmistaa. **Barney (1991):** Dig. kaksoset voisivat tuottaa arvoa, ovat harvinaisia, vaikeasti jäljiteltävissä mutta korvattavissa. **Treacy & Wiersema (1995):** Yritys haluaa olla kehityksen auran kärjessä; räätälöimättömät sekä uniikit tuotteet -> tuotejohtajuus. **Operatiivisessa** työssä saavutettu etuja dig. mallilla ja muilla dig. ratkaisuilla.
Tapausyritys C	Digitaaliset kaksoset	+ Optimointi, ennakointi ja valvonta + Tiedonsaannin paraneminen, tilastointi, elinkaaritietous + Yhteistyöt ja innovaatiot - Käsin tehtävä kalibrointi ja tiedonsyöttö - Räätälöitävyys - Resurssien käyttö - Ohjeistuksen puute - Ohjelmien hidas kehitys	**Porter (1979):** Toimialan sisällä runsaasti kehitystyötä. Dig. kaksosia korvaavia tuotteita ei ole tunnistettu vielä, mutta ne voivat olla kehittymässä. **Barney (1991):** Dig. kaksonen tuottaisi arvoa ja olisi harvinainen mutta mahdollisesti jäljiteltävissä ja korvattavissa. **Treacy & Wiersema (1995):** Yritys haluaa olla kehityksen auran kärjessä -> tuotejohtajuus. **Operatiivisessa** työssä dig. kaksosta on käytetty mm. tuotannon optimointiin, mutta käyttökohteita ei ole vielä kovin laajasti.
Tapausyritys D	Digitaaliset kaksoset	+ Optimointi, ennakointi ja valvonta + Uudet ideat + Tiedonsaanti, elinkaaritietous + Ihmisläheinen työskentely. työhyvinvointi - Resurssien käyttö - Kustannustehokkuus - Epätäsmällisyys	**Porter (1979):** Asiakkaiden neuvotteluvoima on suuri dig. kaksosten kohdalla. **Barney (1991):** Dig. kaksonen mahdollistaa asiakasarvon täyttämisen mutta ovat melko harvinaisia. Innovoiva henkilöstö on arvokas resurssi. **Treacy & Wiersema (1995):** Jatkuvaan oppimiseen kannustava ilmapiiri ja asiakkaiden toiveiden kuuntelu; räätälöinti -> tuotejohtajuus ja asiakaskeskeisyys Tärkeä työkalu **operatiivisessa** työssä (mm. kokoonpano ja testaus), mutta vain yhden tuotteen kohdalla.
Tapausyritys E	Digitaaliset kaksoset	+ Ennakoitavuus, virhetilanteiden simulointi + Testaus + Tiedonsaanti + Kehitystyö - Tuotteistaminen vaikeaa - Kustannustehokkuus, resurssit	**Porter (1979):** Toimialalla etsitään ratkaisuja dig. kaksosten haasteisiin, joten kilpailu ajaa kehitystyötä eteenpäin. **Barney (1991):** Dig. kaksonen on arvokas, toimialalla puhuttava aihe. **Treacy & Wiersema (1995):** Räätälöinti, suunnitelmat lähtevät asiakkaasta -> asiakaskeskeisyys **Operatiivisessa** työssä laajassa käytössä, kuten suunnittelussa, kehittämistyössä sekä koulutuksessa.

Tutkimus vastasi alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin suppeasti, sillä varsinkin käytännön työelämässä digitaalisilla kaksosilla ei ole vielä suurtakaan roolia. Kuitenkin kirjallisuudessa aihetta on hieman käsitelty, ja yhdessä teoreettinen sekä empiirinen osuus pystyvät vastaamaan tutkimuskysymyksiin.

Alatutkimuskysymys 1: *Millaisia vaikutuksia digitaalisilla kaksosilla on strategiseen johtamiseen ja edelleen päätöksentekoon?*

Digitaalisten kaksosten rooli strategisessa johtamisessa ja päätöksenteossa on tunnistettu laajemmin kirjallisuudessa kuin käytännössä. Esimerkiksi skenaarioanalyysien tekeminen mahdollistaa erilaisten tulevaisuuskuvien ja niiden seurausten vertailun, ja lisäksi tietojärjestelmiin kytketyt kaksoset voivat hyödyntää laajasti historia- ja nykyisyysdataa. Strategiatyökaluihin linkitettynä digitaaliset kaksoset voisivat hyödyntää analyysi- ja neuvonantajatyössään myös esimerkiksi toimintaympäristön muutoksia, keskeisiä resursseja tai organisaation tavoitteita. Digitaalinen kaksonen itsessään voi myös olla arvokas resurssi organisaatioille, jolloin niiden tulisi huomioida sen säilyvyys ja tulevaisuuden kehitys jopa strategisella tasolla.

Skenaariotyöskentelyssä ja tietojärjestelmäintegraatiossa on kuitenkin otettava huomioon, että strategista työtä tekevä digitaalinen kaksonen on todella iso kokonaisuus, jopa koko organisaation laajuinen. Tällaisen digitaalisen kaksosen käyttö sisältää usein runsaan määrän haasteita, kuten sosiaalisten suhteiden ja ihmisten toiminnan ennakoimattomuuden. Esimerkiksi tutkimuksen tapausyrityksissä ei käytetä isoja kaksoskokonaisuuksia, ja todennäköisesti se on yksi syy sille, miksi haastateltavat eivät olet tunnistaneet kaksosen roolia strategisessa johtamisessa. Kuitenkin digitaalisella kaksosella näyttäisi olevan strategista potentiaalia, sillä kaksosta käytettiin eräässä tapausyrityksessä strategisesti merkittävän tavoitteen eli asiakasarvolupauksen täyttämiseen. Strategisen johtamisen, päätöksenteon ja digitaalisten kaksosten yhteys onkin aihe, joka vaatii enemmän tutkimusta.

Alatutkimuskysymys 2: *Millaisia vaikutuksia digitaalisilla kaksosilla on operatiiviseen johtamiseen ja edelleen päätöksentekoon?*

Tieteellisessä kirjallisuudessa oltiin osin skeptisiä digitaalisen kaksosen tuottamista hyödyistä operatiivisen johtamisen kontekstissa, mutta toisaalta osa tutkijoista näki kaksosen olevan tarpeellinen työkalu myös päivittäisessä suunnittelussa ja organisoinnissa. Esimerkiksi teollisessa tuotannossa digitaalisia kaksosia voisi käyttää valvontaan, optimointiin, aikataulutukseen sekä tuotanto-olosuhteiden hallintaan. Digitaalisen kaksosen nähtiin myös parantavan kommunikaatiota, minkä vuoksi se voisi toimia myös strategian jalkauttamistyössä.

Vaikka tapausyrityksissä ei tunnistettu strategisia käyttökohteita, kaksosen nähtiin tuovan operatiiviseen toimintaan hyötyjä. Esimerkiksi myyntityön tukeminen, automaatio ja testaus ovat haastateltavien mukaan digitaalisten kaksosten ydinaluetta. Myöskin loppukäyttäjien

koulutus nähtiin yhtenä tärkeimmistä työtehtävistä. Koska kaikkien tapausyritysten digitaaliset mallit sekä kaksoset olivat yhteydessä ulosmyytäviin tuotteisiin, niiden strateginen asiakaskeskeinen rooli korostui. Kuitenkin kaksosta voisi käyttää myös ainoastaan yrityksen sisäisesti esimerkiksi tuotantotilojen optimoinnissa, jolloin sen rooli operatiivisessa johtamisessa olisi entistä suurempi.

Alatutkimuskysymys 3: *Miten edellä mainitut vaikutukset ovat syntyneet?*

Tapausyritykset ovat luonteeltaan asiakaskeskeisiä ja toisaalta myös tuotejohtajuuteen pyrkiviä. Usean haastateltavan mukaan digitalisaation motivaattorina on toiminut kustannusten pieneneminen, mutta digitaalisten kaksosten avulla on pyritty myös esimerkiksi vastaamaan toimialan haasteisiin ja tuottamaan lisäarvoa. Esimerkiksi tapausyritys C painii muiden toimialan toimijoiden tavoin automaatiokehittämiseen liittyvien ongelmien kanssa, minkä vuoksi se osallistui aiheeseen liittyvään hankkeeseen. Toisaalta tapausyritys D:llä tarve kehittää digitaalinen kaksonen tuli yrityksen sisältä, kun aiemmat ohjelmistoratkaisut eivät vastanneet yrityksen tarpeita ja asiakasarvon varmistaminen oli haastavaa. Tapausyrityksellä D oli myös työntekijän muodossa tietotaitoa sekä halua oppia aiheesta lisää, mikä mahdollisti kaksosen rakentamisen myös pienelle yritykselle. Molemmilla tapausyrityksillä digitaaliset kaksoset ovat vielä melko suppeasti käytössä, joten he tunnistivat myös useita potentiaalisia tulevaisuuden vaikutusalueita.

Päätutkimuskysymys: *Miten digitaaliset kaksoset vaikuttavat johtamiseen ja päätöksentekoon?*

Digitaalisille kaksosille on tunnistettu monenlaisia käyttökohteita kirjallisuudessa myös johtamiseen ja päätöksentekoon liittyen. Kuitenkin kirjallisuus on vielä osin vajavaista aiheeseen liittyen, ja usein tutkijat nostavat samankaltaisia aiheita esille. Esimerkiksi tuotantoon liittyvät operatiiviset teemat vaikuttavat päivittäiseen työntekoon, ja strategisella puolella tutkijat ovat tunnistaneet erityisesti skenaarioanalyysien sekä päätöksenteon tukemisen yksiksi keskeisimmistä digitaalisen kaksosen tehtävistä. Nämä käyttökohteet eivät kuitenkaan näy käytännön työelämässä vielä niin laajasti kuin kirjallisuudessa, ja tämän tutkimuksen tapausyritykset tunnistivat enemmän haasteita sekä tulevaisuuden potentiaalisia käyttökohteita kuin tämänhetkisiä hyötyjä. Osa haastateltavista sanoikin, että aiheeseen liittyvä tieteellinen kiinnostus on toisinaan liioiteltua. Kuitenkin empiirinen aineisto sekä tieteellinen kirjallisuus pääosin tukivat toinen toisiaan.

Digitaalisen kaksosen määritelmä on vielä hieman epäselvä niin kirjallisuudessa kuin käytännössäkin. Siksi tämä aihe vaatii enemmän tutkimusta, ja jatkotutkimukset voisivat keskittyä esimerkiksi digitaalisten mallien ja kaksosten käyttöeroihin käytännössä. Johtamiseen ja päätöksentekoon liittyvää empiiristä materiaalia voisi saada kerättyä haastatteluja monipuolisemmin esimerkiksi havainnoimalla organisaation sisäistä toimintaa, ja toisaalta laajempi otanta yrityksiä tai laajempi maantieteellinen viitekehys mahdollistaisi myös erilaisen näkökulman aiheeseen. Tämän tutkimuksen heikkoutena olikin erityisesti haastateltavien vähäisyys, sillä esimerkiksi yhdestä tapausyrityksestä olisi voinut saada useampia haastateltavia. Haastattelut olisivat voineet myös olla pidempiä, mutta aiheen uutuuden ja rajallisten käyttökohteiden vuoksi teeman käsittely pysyi johtamisen ja päätöksenteon kontekstissa melko pinnallisena. Lisäksi osa haastateltavista on tutustunut aiheeseen akateemisesti, joten vastaukset saattoivat osittain kummuta tieteellisestä kirjallisuudesta eikä ainoastaan käytännön työstä erityisesti tulevaisuuden potentiaalisten käyttökohteiden kohdalla. Kaikilla haastateltavilla oli kuitenkin laaja aiheeseen liittyvä kokemus ja runsaasti työkokemusta, joten haastatteluissa esitetyt käyttökohteet sekä haasteet ovat uskottavia.

Työn pohjana käytetty kirjallisuus sisälsi pääosin vertaisarvioituja JUFO-artikkeleita, mutta myös runsaasti oppikirjalähteitä. Erityisesti johtamiskirjallisuuden osalta työssä olisikin voitu käyttää enemmän vertaisarvioituja artikkeleita. Kuitenkin tämä tutkimus laajensi digikaksoskirjallisuutta johtamisen ja päätöksenteon suhteen erityisesti operatiivisesta näkökulmasta, mutta myös strategisessa mielessä. Jälkimmäisen aiheen käsittely pohjautui pitkälti tosin teoreettisiin katsantoihin, ja siksi digitaalisen kaksosen yhteys strategiseen johtamiseen jäi melko pinnalliseksi. Kuitenkin työssä nostettiin esiin myös aitoja käytännön huomioita, jotka pääosin vahvistivat jo kirjallisuudessa esitettyjä näkökantoja sekä osaltaan esittivät poikkeavia näkemyksiä.

Lähteet

Aamer, A., Zadeh, A., Mali, P. & Bolick, C. (2024) Emerging technologies and principle-based project management: A systematic literature review and research agenda. *Management Review Quarterly*.

Alasuutari, P. (2011) Laadullinen tutkimus 2.0. 4. p. Tampere, Suomi: Vastapaino.

Alko (2025) Alkon perustehtävä [verkkodokumentti]. [Viitattu 28.7.2025] Saatavilla https://www.alko.fi/alko-oy/yritys/yhteiskunnallinen-rooli/perustehtava

Allen, B. D. (2021) Digital twins and living models at NASA [verkkodokumentti]. [Viitattu 18.3.2024] Saatavilla: https://ntrs.nasa.gov/citations/20210023699

Annarelli, A. & Nonino, F. (2016) Strategic and operational management of organizational resilience: Current state of research and future directions. *Omega: The International Journal of Management Sciene* 62, 1–18.

Apple (2025) Apple event archive [verkkodokumentti]. [Viitattu 5.6.2025] Saatavilla https://appleinvites.com/

Barney, J. (1991) Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management* 17, 1, 99–120.

Bingham, G., Bishop, R., Brody, M., Bromley, D., Clark, E., Cooper, W., Costanza, R., Hale, T., Hayden, G., Kellert, S., Norgaard, R., Norton, B., Payne, J., Russell, C. & Suter, G. (1995) Issues in ecosystem valuation: Improving information for decision making. *Ecological Economics* 14, 73–90.

Boddy, D. (2008) Management: An introduction. 4. p. Harlow, Iso-Britannia: Pearson.

Bolton, R. N., McColl-Kennedy, J. R., Cheung, L., Gallan, A., Orsingher, C., Witell, L. & Zaki, M. (2018) Customer experience challenges: Bringing together digital, physical and social realms. *Journal of Service Management* 29, 5, 776–808.

Boschert, S. & Rosen, R. (2016) Digital twin – The simulation aspect. Teoksessa: Hehenberher, P. & Bradley. D. (toim.) Mechatronic futures challenges and solutions for mechatronic systems and their designers. Cham, Sveitsi: Springer. S. 59–74.

Elkefi, S. & Asan, O. (2022) Digital twins for managing health care systems: Rapid literature review. *Journal of Medical Internet Research* 24, 8.

Elo, S., Kajula, O., Tohmola, A. & Kääriäinen, M. (2022) Laadullisen sisällönanalyysin vaiheet ja eteneminen. *Hoitotiede* 34, 4, 215–225.

Energiateollisuus (2025) Tuulivoima [verkkodokumentti]. [Viitattu 28.7.2025] Saatavilla https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/sahkontuotanto/tuulivoima/#mitka-ovat-tuulivoiman-hyodyt-ja-haitat

Eriksson, P & Kovalainen, A. (2016) Qualitative methods in business research. Lontoo, Iso-Britannia: Sage Publications.

Euroopan komissio (2020) Shaping Europe's digital future [verkkodokumentti]. [Viitattu 15.4.2025] Saatavilla https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf

Grieves, M. (2015) Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication [verkkodokumentti]. [Viitattu 17.3.2025] Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/275211047_Digital_Twin_Manufacturing_Excellence_through_Virtual_Factory_Replication

Hartikainen, J. (2022) Kesko teki huippu-tuloksen maatalouden kriisin keskellä – "Ei meillä hirveästi ole vaikutusvaltaa siihen, kuinka paljon tuottajat saavat hintaa", sanoo pääjohtaja [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.5.2025] Saatavilla https://www.hs.fi/talous/art-2000008586632.html

Holopainen, M., Saunila, M., Rantala, T. & Ukko, J. (2024) Digital twins' implications for innovation. *Technology Analysis and Strategic Management* 36, 8, 1779–1791.

Hu, F., Qiu, X., Jing, G., Tang, J. & Zhu, Y. (2023) Digital twin-based decision making paradigm of raise boring method. *Journal of Intelligent Manufacturing* 34, 5, 2387–2405.

Juuti, P. & Luoma, M. (2009) Strateginen johtaminen: Miten vastata kompleksisen ja postmodernin ajan haasteisiin? Helsinki, Suomi: Otava.

Keski-Hallila, S. (2024) Elokuvien katsomistottumukset – kuluttajatutkimus [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.5.2025] Saatavilla https://www.ses.fi/wp-content/uploads/Elokuvien-katsomistottumukset_taloustutkimuksen-raportti-2024.pdf

Kauppalehti (2025) Yrityshaku [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.7.2025] Saatavilla https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yrityshaku

Korepin, V., Mohamed, T. I., Zhaksylyk, A. & Liu, J. (2024) Implementation of digital twins as a tool for increasing the efficiency of business operations. *Economics of Innovation and New Technology* 34, 5, 689–704.

Kukko-Liedes, P. (2025) Pekka Mommo palasi etelästä synnyinseudulleen Lappiin – nyt ”tuulivoimakiima” saa kyseenalaistamaan päätöksen [verkkodokumentti]. [Viitattu 29.7.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/74-20173853

Kunath, M. & Winkler, H. (2018) Integrating digital twin of the manufacturing system into a decision support system for improving the order management process. *Procedia CIRP* 72, 225–231.

Lahti Business Region (2025) Valmistava teollisuus [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.5.2025] Saatavilla https://lahtibusinessregion.fi/bisnesmahdollisuudet/valmistava-teollisuus

Leonardi, P. & Leavell, V. (2024) How the map becomes the territory: Prediction, performativity and the process of taking digital twins for granted. *Journal of Organization Design* 13, 3, 101–112.

Levola, J. (2013) Suomi on keskittyneen kilpailun luvattu maa [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.5.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/3-6775677

Liu, M., Fang, S., Dong, H. & Xu, C. (2021) Review of digital twin about concepts, technologies, and industrial applications. *Journal of Manufacturing Systems* 58, 346–361.

Lyytinen, K., Weber, B., Becker, M. C. & Pentland, B. T. (2024) Digital twins of organization: Implications for organization design. *Journal of Organization Design* 13, 77–93.

March, J. G. (1997) Understanding how decisions happen in organizations. Teoksessa: Shapira, Z. (toim.) Organizational decision making. Cambridge, Iso-Britannia: Cambridge University Press. S. 9–34.

McDonald’s (2025) McDonald’sin historia [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.5.2025] Saatavilla https://www.mcdonalds.com/fi/fi-fi/mcdonalds/historia.html

Mirza, J. (2021) Supporting strategic management decisions: The application of digital twin systems. *Strategic Direction* 37, 11, 7–9.

Mäkelä, P. Warpenius, K. & Karlsson, W. (2022) Alkon yksinoikeusjärjestelmä on tehokas keino ehkäistä alkoholihaittoja. *THL – Tutkimuksesta tiiviisti* 17/2022.

Narula, S., Prakash, S., Dwivedy, M., Talwar, V. & Tiwari, S. P. (2020) Industry 4.0 adoption key factors: An empirical study on manufacturing industry. *Journal of Advances in Management Research* 17, 5, 697–725.

Negri, E., Fumagalli, L. & Macchi, M. (2019) A review of the roles of digital twin in CPS-based production systems. Teoksessa: Crespo Márquez, A., Macchi, M. & Parlikad, A. K. (toim.) Value based and intelligent asset management: Mastering the asset management transformation in industrial plants and infrastructures. Cham, Sveitsi: Springer. S. 291–307.

Ouahabi, N., Chebak, A., Kamach, O., Laayati, O. & Zegrari, M. (2024) Leveraging digital twin into dynamic production scheduling: A review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 89.

Patil, A., Srivastava, S., Paul, S. K. & Dwivedi, A. (2024) Digital twins' readiness and its impacts on supply chain transparency and sustainable performance. *Industrial Management and Data Systems* 124, 8, 2532–2566.

Pitkänen, J. (2022) Komponenttipula sai alkunsa koronasta, eikä hellitä vieläkään – ”Komponentteja metsästetään kaikkien kivien ja kantojen alta ympäri maailmaa [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.5.2025] Saatavilla https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/uutiset/462c48fb-2b92-4807-97c5-c130bf92e6ce

Porter, M. E. (1979) How competitive forces shape strategy. *Harvard Business Review* 57, 2, 137–145.

Päijät-Hämeen liitto (2025) Päijät-Hämeen maakunta [verkkodokumentti]. [Viitattu 7.5.2025] Saatavilla https://paijat-hame.fi/paijat-hameen-maakunta/

Pölönen, S. (2023) Suomen ainut Imax on ”vale-Imax”, ja siksi Nolanin uutuuselokuvaa ei voi nähdä täällä kuten ohjaaja haluaisi [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.5.2025] Saatavilla https://www.hs.fi/kulttuuri/art-2000009732105.html

Schluse, M., Priggemeyer, M., Atorf, L. & Rossmann, J. (2018) Experimentable digital twins – Streamlining simulation-based systems engineering for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 14, 4, 1722–1731.

Schroeder, G. N., Steinmetz, C., Pereira, C. E. & Espindola, D. B. (2016) Digital twin data modeling with AutomationML and a communication methodology for data exchange. *IFAC-PapersOnLine* 49, 30, 12–17.

Serbulova, N. (2021) Corporate survival in Industry 4.0 era: The enabling role of digital twin technologies. *E3S Web of Conferences* 273.

Shapira, Z. (1997) Introduction and overview. Teoksessa: Shapira, Z. (toim.) Organizational decision making. Cambridge, Iso-Britannia: Cambridge University Press. S. 3–8.

Solja, P. & Salovaara, M. (2025) Tampereen taivaalla leijuu nyt isoja ilmalaivoja – tätä sadan metrin korkeudessa kuvataan [verkkodokumentti]. [Viitattu 14.5.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/74-20158390

Strauss, A. & Corbin, J. (1998) Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory. 2. p. Thousand Oaks, Yhdysvallat: Sage Publications.

Suomen tietotoimisto STT (2025) Etätyö ei heikennä enää suomalaisten työhyvinvointia, kertoo tutkimus [verkkodokumentti]. [Viitattu 31.7.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/74-20148743

Tilastokeskus (2024) Yritykset toimialoittain (yritysyksikkö), 2018–2023 [verkkodokumentti]. [Viitattu 1.7.2025] Saatavilla https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__yrti/statfin_yrti_pxt_13vy.px/

Tilastokeskus (2025) Pienet ja keskisuuret yritykset [verkkodokumentti]. [Viitattu 19.6.2025] Saatavilla https://stat.fi/meta/kas/pienet_ja_keski.html

Tolvanen, P. (2025) Kaupungit tekevät 3D-kopioita itsestään – turvallisuusasiantuntija: ”Emme osaa vielä kuvitella kaikkia väärinkäytöksiä” [verkkodokumentti]. [Viitattu 14.5.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/74-20160228

Treacy, M. & Wiersema, F. (1995) The discipline of market leaders: Choose your customers, narrow your focus, dominate your market. Reading, Yhdysvallat: Addison-Wesley.

Uhlenkamp, J-F., Hauge, J. B., Broda, E., Lütjen, M., Freitag, M. & Thoben, K-D. (2022) Digital twins: A maturity model for their classification and evaluation. *IEEE Access* 10, 69605–69635.

van der Aalst, W. M. P., Hinz, O. & Weinhardt, C. (2021) Resilient digital twins: Organizations need to prepare for the unexpected. *Business and Information Systems Engineering* 63, 6, 615–619.

Viitala, R. & Jylhä, R. (2019) Johtaminen: Keskeiset käsitteet, teoriat ja trendit. Helsinki, Suomi: Edita.

Virranniemi, G. (2022) Sober curious -trendi näkyy Alkossakin: Litramyynti laski, mutta alkoholittomien juomien kauppa kasvoi reilusti [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.5.2025] Saatavilla https://yle.fi/a/3-12273738

Wang, J., Li, X., Wang, P. & Liu, Q. (2024) Bibliometric analysis of digital twin literature: A review of influencing factors and conceptual structure. *Technology Analysis and Strategic Management* 36, 1, 166–180.

West, S., Stoll, O., Meierhofer, J. & Züst, S. (2021) Digital twin providing new opportunities for value co-creation through supporting decision-making. *Applied Sciences* 11.

Wurm, B., Becker, M., Pentland, B. T., Lyytinen, K., Weber, B., Grisold, T., Mendling, J. & Kremser, W. (2023) Digital twins of organizations: A socio-technical view on challenges and opportunities for future research. *Communications of the Association for Information Systems* 52, 552–565.

Xin, C. & Wang, Y. (2024) Digital twins and innovation management: A literature review, framework, challenge, and future direction. *Technology Analysis and Strategic Management* 36, 9, 2228–2241.

Yan, M-R., Hong, L-Y. & Warren, K. (2022) Integrated knowledge visualization and the enterprise digital twin system for supporting strategic management decision. *Management Decision* 60, 4, 1095–1115.

Yildiz, E., Møller, C. & Bilberg, A. (2022) Conceptual foundations and extension of digital twin-based virtual factory to virtual enterprise. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 121, 3–4, 2317–2333.

Liitteet

LIITE 1. Haastattelukysymykset

Taustakysymykset

1. Mikä on työnantajayrityksesi toimiala?
2. Minkälaisissa työtehtävissä toimit tällä hetkellä?
3. Minkälainen on koulutus- ja työtaustasi?

Digitaaliset kaksoset

4. Kuinka monta digitaalista kaksosta yrityksessä on käytössä?
    a. Mihin fyysiseen kappaleeseen digitaalinen kaksonen / kaksoset kuuluvat?
    b. Mihin yrityksen toiminnan osaan digitaalinen kaksonen / kaksoset liittyvät?
    c. Kuinka kauan digitaalisia kaksosia on käytetty?
    d. Mikä on digitaalisen kaksosen tehtävä?
    e. Kartoitetaanko digitaalisella kaksosella uusia liiketoimintamahdollisuuksia?
5. Ketkä yrityksessänne ovat digitaalisen kaksosen pääkäyttäjiä?
6. Millaista informaatiota digitaalinen kaksonen yritykselle tuottaa?
    a. Miten digitaalisen kaksosen tuottamaa informaatiota käytetään?
        i. Operatiivinen vs. strateginen taso
    b. Tuottavatko nykyiset digitaaliset kaksoset riittävästi informaatiota?
    c. Mitä lisäinformaatiota digitaaliset kaksoset voisivat tuottaa?
7. Mitä etuja nykyisissä käytännöissä on?
8. Mitä haasteita nykyisissä käytännöissä on?
9. Millainen digitaalisen kaksosen implementointiprosessi oli?
    a. Mikä motivoi hankkimaan digitaalisen kaksosen?
    b. Oletteko harkinneet hankkivanne lisää digitaalisia kaksosia?
10. Haluaisitteko lisätä jotain, mitä haastattelussa ei ole tullut esille?