

Karri Vertanen

DIGITAALISEN KAKSOSEN HYÖDYN- TÄMINEN KOUVOLAN RRT -TERMI- NAALISSA

Opinnäytetyö

Tekniikan ammattikorkeakoulututkinto

Logistiikan koulutus

2024



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri AMK
Tekijä/Tekijät	Karri Vertanen
Työn nimi	Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen Kouvolan RRT-terminaalissa
Toimeksiantaja	Kouvola Innovation Kinno
Vuosi	2024
Sivut	33 sivua, liitteitä 1 sivua
Työn ohjaaja(t)	Eeva Ala-Krekola ja Jonna Paasonen

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan digitaalisen kaksosen toteuttamismahdollisuuksia Kouvolan RRT -terminaalialueella. Työssä käsitellään huomioon otettavia asioita ja vaatimuksia niin palvelun tarjoajan kuin asiakkaan näkökulmasta. Työn tavoitteena on löytää keskeiset aiheet, jotka vaikuttavat terminaalialueen digitaalisen kaksosen kehittämiseen. Työn tutkimusongelmana on ollut se, mitä vaihtoehtoja digitaalisen kaksosen toteuttamiseen on RRT-terminaalissa sekä mitä se vaatii asiakkaalta ja palveluntarjoajalta.

Opinnäytetyö sisältää teoria- ja tutkimusosuudet. Teoriaosuudessa käydään läpi digitaalisen kaksosen historiaa, teoriaa ja terminologiaa sekä eri sovelluksia, joissa digitaalista kaksosta on käytetty.

Tutkimusosa toteutettiin järjestämällä teemahaastattelu neljälle eri yritykselle. Haastattelu oli jaettu kolmeen eri teemaan. Haastatteluun haluttiin valikoida yrityksiä niin asiakas kuin palvelun tarjoaja puoleltakin. Haastattelut järjestettiin Teams-videopuhelun kautta, jolla ne myös nauhoitettiin. Haastateltu teksti litteroitiin ja sen myötä luokiteltiin sekä etsittiin samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia vastauksista.

Tutkimuksen tuloksena selvisi, että kyseessä on vielä melko alkuvaiheessa oleva teknologia, joka toisilla yrityksillä on kuitenkin jo päivittäisessä käytössä ja toisilla vielä tulevaisuuden mahdollisuutena. Keskeisiä asioita aiheen ympärillä ovat järjestelmien jatkuva kehittyminen, terminologian laajuus ja tietty määrittelemättömyys. Jokainen mieltää digitaalisen kaksosen eri tavalla. Tämä pyrittiin ottamaan huomioon haastattelun ensimmäisellä kysymyksellä, jossa kysyttiin, miten haastateltava käsittää digitaalisen kaksosen.

Huomioon otettavia asioita tulee olemaan tietoturva, erilaiset rajapintaratkaisut ja avoin toisia ymmärtävä vuoropuhelu, jossa määritetään osapuolten väliset sopimukset, tarpeet ja velvollisuudet. Maanlaajuinen yhteistyö nähtiin tärkeänä alan kehityksen kannalta.

Asiasanat: digitaalinen kaksonen, terminologia, tietoturva, yhteistyö

Degree title	Bachelor of Engineering
Author (authors)	Karri Vertanen
Thesis title	Utilizing digital twin in Kouvola RRT-terminal
Commissioned by	Kouvola Innovation, Kinno
Time	2024
Pages	33 pages, 1 pages of appendices
Supervisor	Eeva Ala-Krekola, Jonna Paasonen

ABSTRACT

This thesis examines the possibilities of implementing a digital twin in the Kouvola RRT terminal area. The work discusses issues and requirements to be taken into account from the perspective of both, the service provider and the customer. The goal of the work is to find key topics that affect the development of the terminal area's digital twin. The research problem in this work has been what alternatives there are for implementing a digital tein in the RRT terminal, as well what it requires from the customer and service provider.

The thesis includes theory and research parts. In the theory part, the history, theory and terminology of the digital twin are reviewed as well as various applications in which the digital twin has been used.

The research section was carried out by organizing and themed interview, we wanted to select companies from both, the customer and the service provider side. The interviews were organized via a teams video call, which was also used to record them. Interview text was transcribed and with it, similarities and differences were searched for in the answers.

As a result os the research, it became clear that it is a technology that is still in its early stages, which some companies already have in daily use and others still see it as a future possibility. Key issues around the topic are the continous development of the systems, the scope of terminology and the certain lack of definition. Everyone perceives a digital twin differently. We tried to take this into account with the first question of the interview, which asked how the interviewed persons understand the digital twin.

Issues to be taken into account will be information security, various interface solutions, and an open dialogue that understands others, in which agreements, needs and oblications between the parties are determined. Co-operation was seen as a dood thing that move the entire industry forward.

Keywords: digital twin, terminology, it security, co-operating

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TUTKIMUSMENETELMÄT	7
3	DIGITAALINEN KAKSONEN	10
3.1	Teknologia.....	15
3.2	Tietoturva ja tiedon jakaminen	16
3.3	Esimerkkejä digitaalisen kaksosen soveltamisesta.....	18
3.4	Digitaalisen kaksosen tulevaisuus	20
4	TUTKIMUSHAASTATTELUT	21
4.1	Digitaalisen kaksosen hyödyt ja haasteet.	21
4.2	Digitaalisen kaksosen tietoturva.....	23
4.3	Liiketoiminnallinen näkökulma	24
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	25
6	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET	30

LIITTEET

Liite 1. Haastattelukysymykset

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan digitaalisen kaksosen hyödyntämistä Kouvolan RRT-terminaalin toiminnan ohjaamiseen, suunnitteluun ja valvontaan. Työssä perehdytään siihen, mitä asioita toimivaa digitaalista kaksosta perustettaessa tulee ottaa huomioon ja mitä siltä edellytetään tämän mittaluokan terminaalitoteutuksessa. RRT on lyhenne sanoista Rail and Road terminal, jolla tarkoitetaan kuljetusmuodon vaihtamista siirtämällä kuljetettava tavara rautatiekuljetuksesta maantiekuljetukseen tai toisin päin. (Kouvola 2022.)

Tiedonsiirtotekniikoiden kehittyessä ja nopeutuessa digitaaliset kaksoset tulevat yleistymään, kasvamaan ja tarjoamaan yhä enemmän etua yrityksille. Aiemmin pienistä suunnittelun apuna toimivista digitaalisista malleista pystytään toiminta skaalaamaan nykyään jopa kokonaisten kaupunkien mittakaavaan. Tämä antaa yrityksille mahdollisuuden toteuttaa reaaliaikaisesti toimiva digitaalisen kaksosen maailma esimerkiksi työn kohteena olevaan RRT-terminaalin ympäristöön. Digitaalisen kaksosen avulla pystytään tehostamaan toimintaa, nopeuttamaan prosesseja sekä tekemään toiminnasta turvallisempaa, kun tiedetään jatkuvasti, mitä missäkin tapahtuu. (Devine ym. 2021.) Tänä päivänä mahdollisuus yhdistää uusia teknologioita toisiinsa tekee digitaalisista kaksosista yhä monipuolisempia ja niiden käyttöalue laajenee useammalle eri toimialalle (Auvinen 2023, 73).

RRT-terminaali on Kouvolan kaupunkistrategian yksi keskeisistä hankkeista. Terminaalin rakentamisen tarkoituksena on ollut laajentaa Kouvolan jo valmiiksi laajaa logistiikkapalveluiden tarjontaa mahdollistamalla muun muassa pitkien junien operoimisen sekä maantie ja rautatiekuljetusten yhdistämisen. (Kouvola 2022a.) Tammikuussa 2023 opinnäytetyötä aloitettaessa terminaalin rakennustyöt ovat saatu valmiiksi (Kouvola 2023). Maailmanpoliittisen tilanteen vuoksi liikenne idän suuntaan on vähentynyt huomattavasti (Yle 2022). Alun perin yksi terminaalin ydintoiminnoista ollut pitkien junien purku ja lastaus on tästä syystä ainakin toistaiseksi todella vähäistä. Terminaalin vetovoiman lisäämiseksi olisikin hyvä keksiä moderneja ja tulevaisuuden tarpeisiin katsovia ratkaisuja, joilla toimintaa terminaalissa pystyttäisiin kehittämään. Potentiaalia terminaalilla on hyvin, sillä se on Suomen ainoa eurooppalaisen TEN-T-

ydinverkon terminaali (Väylä 2023). TEN-T-verkko on yksi Euroopan kolmesta keskeisestä verkostosta. Muita ovat TEN-e (energia) sekä eTEN (digitaalinen). TEN-T-verkko tarkoittaa Euroopan laajuista liikenteen ydinverkkoa. Verkon tarkoituksena on sujuvoittaa ihmisten sekä tavaroiden liikkumista turvallisuus sekä kestävyysnäkökulmat huomioon ottaen. (Väylä 2023.)

Tämän hetken vallitsevista megatrendeistä ilmastonmuutos ja digitalisaatio on vahvoja ajureita, jotka on otettava huomioon terminaalien palveluita kehitettäessä. Euroopan komission tavoitteena on siirtää maanteillä kuljetettavista yli 300 km kuljetuksista 30 prosenttia toisenlaisiin kuljetusmuotoihin, esimerkiksi rautatieliikenteeseen vuoteen 2030 mennessä. (Euroopan komissio 2011.) Tämän tavoitteen tukemiseen Kouvolan RRT-terminaalilla on olemassa mahdollisuuksia. Logistiikan digitalisaation avulla pystytään tehostamaan logististen ketjujen suunnittelua ja sitä kautta saavuttamaan lisäarvoa ja ilmastohyötyjä. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemassa logistiikan digitalisaatio strategiassa on määritelty tavoitteet logististen ketjujen digitalisaation kehittämiseen. Nämä tavoitteet ovat:

- *Tiedonjaon, hyödyntämisen ja tiedon tuottamisen kehittäminen koko kuljetusketjulla.*
- *Laadukkaan tietopohjan kehittäminen.*
- *Kansalaisten ja yritysten mahdollisuus vaikuttaa omaan hiilijalanjälkeensä.*

Näiden tavoitteiden avulla pyritään parantamaan automaatiota, tiedonkulkua ja toteuttamaan päästövähennyksiä tukevia toimenpiteitä. (LVM 2020).

Tämän työn tavoitteena on selvittää, mitä kaikkia asioita on otettava huomioon digitaalista kaksosta perustettaessa niin palveluntarjoajan kuin asiakkaan näkökulmasta, jotta siitä olisi hyötyä asiakkaille ja sillä pystyttäisi palvelemaan asiakaskuntaa mahdollisimman monipuolisesti.

Työn tarkoituksena on esitellä Kouvola Innovationille digitaalisen kaksosen perustamisvaiheessa huomioon otettavia asioita ja sitä, millaisia tarpeita ja vaatimuksia mahdollisilla asiakkailla on digitaaliselta kaksoselta. Tutkimuksessa perehdytään digitaalisen kaksosen vaatimuksiin, mahdollisuuksiin ja haasteisiin. Tutkimuskysymys valikoitui aiheen laajuuden ja moniulotteisuuden

perusteella tuomaan aiheeseen selkeyttä ja eri osapuolten välisiä näkemyksiä esille.

Tutkimuskysymyksenä tässä työssä on: Millaisia asioita on otettava huomioon, että digitaalinen kaksonen palvelee asiakkaita mahdollisimman hyvin?

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Kouvola Innovation. Aihe valikoitui ajankohtaisuuden takia ja tutkijan kiinnostuksesta logistiikan ja digitalisaation yhdistämiseen. Tammikuussa 2023 Kouvola Innovation ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk aloittivat Euroopan Unionin osarahoittaman ja Uudenmaan liiton rahoittaman Digivihreä RRT-hankkeen. Hankkeen tavoitteena on parantaa RRT-alueen kilpailukykyä kestäväällä tavalla, turvallisuusnäkökohdat huomioiden, sekä kehittää digitaalista infrastruktuuria ja tukea yritysten digitaalisten työkalujen käyttöönottoa. (Kinno s.a.) Tämä opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda lisätietoa digitaalisen infrastruktuurin kehittämiseen liittyvissä tavoitteissa.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä opinnäytetyö tehdään kvalitatiivisena eli laadullisena tutkimuksena. Tutkimusmenetelmän valinnan taustalla on tarve ymmärtää tutkimuksen kohteena olevaan kokonaisuuteen vaikuttavia asioita ja ilmiöitä kokonaisvaltaisesti. Tutkimusaineiston hankinta suoritetaan etäyhteydellä tehtävillä teema-haastatteluilla. Tutkimuksen tietojen keruu ja analysointi perustuvat haastattelvien näkemykseen tutkittavasta asiasta ja näiden tietojen vertaamisesta keskenään tutkimuksen teon edetessä. (Kananen 2019, 25–26.)

Tässä tutkimuksessa tutkimusasetelmana noudatetaan tapaustutkimuksen periaatteita. Tapaustutkimuksessa tutkimuksen kohteena on osa tai osia jostain suuremmasta tutkittavasta kokonaisuudesta. Tämän takia tapaustutkimuksen menetelmä on hyvin joustava ja sitä voidaan soveltaa moneen eri tarkoitukseen. Tutkimuksen kohteena voi olla yksittäisten tai useiden kohteiden lisäksi erilaiset prosessit. (Tietoarkisto s.a.)

Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää erilaisia tutkimusmenetelmiä, kuten laadullinen tai määrällinen tutkimus. Tapaustutkimuksen otetta pystytään käyttämään keskenään hyvinkin erilaisilla aloilla, esimerkiksi kaupallisella tai psykologian alalla. Tapaustutkimuksen keskeisenä tavoitteena on ymmärtää tutkittavaa asiaa paremmin. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.)

Kvalitatiivisella tutkimusmenetelmällä on kaksi erilaista aineistonkeruumenetelmää. Sekundäärinen aineistonkeruumenetelmä perustuu olemassa oleviin lähteisiin (Kananen 2017, 82). Primäärinen aineiston keruumenetelmä on itse kerättyä aineistoa. Aineistot voidaan kerätä esimerkiksi haastatteluilla tai kyseilytutkimuksia tekemällä. Aineistoa kerättäessä halutaan haastatteluja suorittaa laaja-alaiselle joukolle asiantuntijoita sekä yritysten ja sidosryhmien edustajia, jotta tutkittavasta asiasta saadaan mahdollisimman monipuolinen kuva. (Kananen 2019, 28–29.)

Tässä työssä haastateltiin RRT-alueen infrastruktuuria ja logistiikka-alaa yleisesti tuntevista asiantuntijoita. RRT-terminaalien toiminta perustuu Open Access -malliin. Open Access -malli tarkoittaa kaikille avointa monitoimijaympäristöä (Railgate, rautatie ja maantiekuljetusten yhdistäjä s.a.) Tämän takia terminaalissa tulee olemaan toimijoita eri logistiikan aloilta. Lisäksi terminaalissa ydinajatuksena on kuljetusmuodon vaihtuminen, joten näistä syistä haastateltavilta haluttiin kokemusta ja laajaa osaamista logistiikan alalta. Toinen tärkeä ryhmä on digitalisaation teknologiaa ymmärtävät asiantuntijat. Digitalisaatio etenee vauhdilla, ja siellä käytettävät teknologiat ja käsitteet muuttuvat ja uudistuvat jatkuvasti. Haastateltavaksi etsittiin osaajia, joilla on digitaaliseen kaksoseseen liittyvää kokemusta ja osaamista.

Haastattelut tehtiin nauhoittamalla Teams-sovelluksessa. Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin nauhoitteista, jotta saatiin asiantuntijoiden vastaukset otettua sanatarkasti huomioon. Haastattelun muotona käytettiin teemahaastattelua, jossa kysymykset olivat laadittu etukäteen kutakin aihealuetta huomioiden. Haastattelun aikana asiantuntijoiden vastaukset voivat kuitenkin johdattaa keskustelua tutkittavan kohteen kannalta keskeisiin asioihin. (Hirsjärvi & Hurme 2002, 47–48.)

Haastattelujen pohjalta tehtiin sisällön analyysi. Analyysin avulla koottiin haastateltavien vastaukset yhteen ja muodostettiin niiden pohjalta selkeä kokonaisuus. Sisällön analysointi perustuu kolmeen eri vaiheeseen. Ensin sisältöä karsimalla tehdään aineistosta helposti luettava ja poistetaan materiaalista kaikki sellaiset asiat, jotka ei ole tutkimuksen kannalta merkityksellisiä.

Sisällön karsimisen jälkeen aineistosta poimitaan keskenään samankaltaisia aiheita. Poimitut aiheet jaetaan omiin ryhmiinsä, jotka muodostavat käsiteltävien aiheiden alaluokan. Nämä luokat ryhmitellään aiheiden mukaan, ja kyseisen luokan aihepiiristä muodostetaan ja nimetään ryhmälle yläluokka. Samaa aihetta käsittelevät yläluokat jaetaan pääluokkiin, joiden kautta saadaan muodostettua kullekin aihepiirille oma ryhmänsä, jonka perusteella aihetta pystytään analysoimaan. (Sarajärvi & Tuomi 2018, 122–125.)

Opinnäytetyö rajataan koskemaan teoriaosaltaan digitaalisen kaksosen teknologiaan tietoturvaan ja kohteisiin, joissa digitaalista kaksosta on käytetty. Asiakasnäkökulman puolelta tutkimus rajataan koskemaan asiakkaan kannalta olennaisia liiketoimintaa hyödyttäviä digitaalisen kaksosen toimintoja. Rajauksen tavoitteen on valita työn kannalta keskeiset käsiteltävät aiheet, jotka liittyvät kokonaisuuteen. Tämän työn tuloksena ei käsitellä esimerkiksi terminaali-alueen muuttamista johonkin toiseen käyttöön eikä yksityiskohtaisia teknisiä ratkaisuja, vaan keskitytään käsittelemään digitaalisen kaksosen toteuttamisen yhteydessä huomioitavia asioita. Työssä ei myöskään käsitellä metaversumia, vaikka se vahvasti aihealueeseen liittyykin. Nämä edellä mainitut teemat eivät ole tutkittavan aiheen kannalta olennaisia, ja niiden vaatiman työn laajuus huomioon ottaen tutkimus halutaan pitää keskeisissä huomioon otettavissa asioissa. Työ perustuu alussa mainittujen ilmastotavoitteiden ja digitalisaation megatrendien vaatimuksiin. Tämän hetken vallitsevista megatrendeistä ilmastonmuutos ja digitalisaatio ovat vahvoja ajureita, jotka ovat otettava huomioon terminaalin palveluita kehitettäessä. (Euroopan komissio 2011.) Euroopan komission tavoitteena on siirtää maanteillä kuljetettavista yli 300 km kuljetuksista 30 prosenttia toisenlaisiin kuljetusmuotoihin, esimerkiksi rautatieliikenteeseen vuoteen 2030 mennessä.

Tämän tavoitteen tukemiseen Kouvolan RRT-terminaalilla on tarjota hyviä vaihtoehtoja, kuten kesällä 2023 järjestetyssä Suomi-areenan haastattelussa

kävi ilmi- (Railgate, Ensimmäinen kuivasatama ja liikenteen renesanssi kiinnostivat Suomi-Areenassa s.a.) Logistiikan digitalisaation avulla pystytään tehostamaan logististen ketjujen suunnittelua ja ohjaamista ja sitä kautta saavuttamaan lisäarvoa ja ilmastohyötyjä. Liikenne ja viestintäministeriön julkaisemassa logistiikan digitalisaatio strategiassa on määritelty tavoitteet logististen ketjujen digitalisaation kehittämiseen (LVM 2020).

Tämän tutkimuksen teoreettinen tausta koostuu kolmesta eri pääkohdasta. Nämä pääkohdat tulevat sisältämään aihetta laajemmin käsitteleviä alalukuja. Pääkohdat ovat RRT-terminaali sekä digitaalinen kaksonen ja sen teknologia. Teoriaosuuden saatiin näihin aiheisiin rakennettua luotettavien ajankohtaisten lähteiden pohjalta. Nämä pääkohdat kokonaisuudessaan muodostivat hyvän kokonaiskuvan käsiteltävästä aiheesta.

3 DIGITAALINEN KAKSONEN

Lähteet, joita tässä työssä käytettiin, ovat kirjallisuus, tutkimukset, tilastot, kuvat ja videot sekä internetlähteet, joissa tutkittavaa aihetta on käsitelty.

Määritelmän digitaaliselle kaksoselle on kehittänyt Michiganin yliopiston tohtori Michael Grieves (Grieves 2016). Grieves kehitti mallin vuonna 2002, jossa todellisesta maailmasta virtuaalimaailmaan kulkee datavirta ja virtuaalisesta maailmasta datamaailmaan informaatiovirta. Digitaalinen kaksonen on käsitteenä laaja, ja se voi, käyttäjästä riippuen, tarkoittaa erilaisia asioita taikka järjestelmiä. Alusta asti digitaalisella kaksosella on ollut eri nimityksiä, riippuen siitä käytetäänkö sitä esimerkiksi suunnittelussa tai jonkun alueen tai järjestelmän informaation tuojana. Peruseriaatteeltaan kyse on kuitenkin fyysisen ja virtuaalisen maailman yhdistämisestä. (Devine ym. 2021.)

Digitaalinen kaksonen, toiselta nimeltään kyberfyysinen järjestelmä, tarkoittaa fyysisen ja digitaalisen maailman yhdistämistä. Digitaalisen kaksosen mallissa on pääasiassa kyse fyysisen ja virtuaalisen tilan välillä liikkuvasta data- ja informaatiovirrasta. Kuvan 1 mukaan data liikkuu fyysisen maailman objektista virtuaaliseen maailmaan ja virtuaalisen maailman käskyjen perusteella ohjataan fyysisen maailman toimintoja. Vaikka käsitteet aiheen ympärillä ovat

muuttuneet ja niitä on tullut lisää, pääpiirteittäin digitaalisen kaksosen ajatus on pysynyt samana sen keksimisestä saakka. (Grieves 2016.)

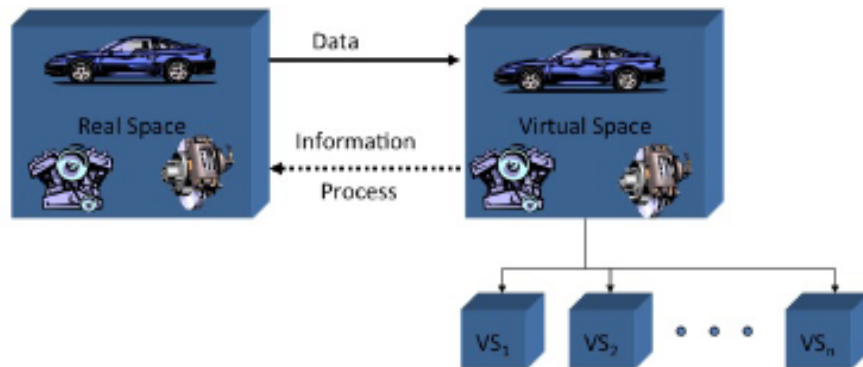


Figure 3

Dr. Michael Grieves, University of Michigan, Lurie Engineering Center, Dec 3, 2001

Kuva 1. Digitaalisen kaksosen malli (Grieves 2016)

Digitaalinen kaksonen on tämän hetken yksi voimakkaimmin kasvavista teknologian trendeistä. Digitaalisen kaksosen käyttökohteita on lukuisia, aina teollisuudesta liikenteeseen ja kaupunkisuunnitteluun. Digitaalisten kaksosten määrän lisääntymistä hidastaa kuitenkin niiden korkea hinta. Tiedonkeruumenetelmien ja järjestelmien lisääntyessä ja kehittyessä ne kuitenkin halpenevat ja digitaalisen kaksosen hyödyntäminen muuttuu kannattavammaksi. (Aatsalo 2020.)

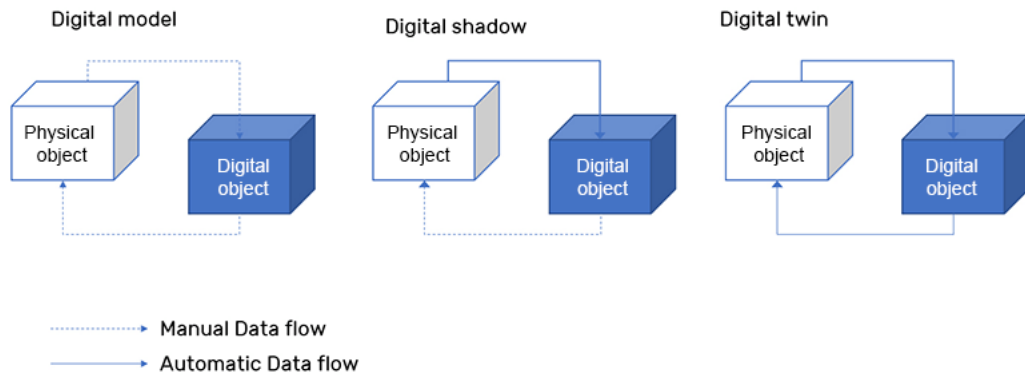
Digitaalisen maailmaan perustuvia virtuaalisia suunnittelu- ja simulointisovelluksia on ollut jo pitkään ennen varsinaista digitaalista kaksosta. Esimerkiksi NASA on käyttänyt erilaisia ennustemalleja jo pitkän aikaa. Teollisen internetin ja siihen yhdistettävien laitteiden määrän lisääntymisen myötä todellista maailmaa on pystytty simuloimaan tarkemmin. (Gartner 2017.) Pääasiassa digitaalista kaksosta voidaan hyödyntää kahdella eri tavalla. Digitaalisen kaksosen prototyyppissä (Digital Twin Prototype, DTP) palvelua voidaan käyttää uuden tuotteen konseptoinnissa ja suunnittelussa, jossa valmistettavasta tuotteesta luodaan digitaalinen malli, jossa tuotetta voidaan tutkia tarkemmin ja perehtyä sen vaatimuksiin ja tehdä tuotteeseen muutoksia. Tästä virtuaalisesta mallista voidaan luoda fyysinen kopio. (Grieves 2016.)

Kiinteän digitaalisen kaksosen mallissa (Digital Twin Instance, DTI) fyysisen maailman ja digitaalisen kaksosen välinen yhteys säilyy koko tuotteen olemassaolon ajan. Tämän mallin avulla voidaan esimerkiksi tehtaassa olevan toimilaitteen kuntoa, toimintoja ja huoltotarvetta seurata reaaliaikaisesti, anturien toimittaman datan avulla. Suuremmissa kokonaisuuksissa tällä mallilla pystytään luomaan, esimerkiksi kaupunki tai terminaalialue, jossa useasta eri lähteestä tuleva data muodostuu yhtenäiseksi kokonaisuudeksi, jota pystyy käyttämään toimijan haluamalla tavalla. (Puomio 2021; Grieves 2016.)

Digitaalisen kaksosen ympäristö (Digital Twin Environment, DTE) on varsinainen sovellus, jossa fyysisen maailman tuottamaa dataa yhdistellään ja käytetään (Grieves 2016). Fyysisen tuotteen tai ympäristön muodostama data kerätään digitaalisen kaksosen malliin, jossa sitä voi käyttää toimintojen suunnitteluun, simuloimiseen tai ennustamiseen. Esimerkiksi ennustaminen voi olla myös automaattista, jolloin järjestelmä käyttää hyödykseen jo aiemmin kertynyttä dataa, malleja ja parametrejä, joilla ennustemalli on laadittu ja antaa ennustuksensa fyysisen maailman tietoihin perustuen. (Grieves 2016.) Fyysisen ja digitaalisen maailman yhdistämisestä käytetään usein nimitystä digitaalinen kaksonen. Tämän saman käsitteen alla voi kuitenkin olla useampi eri vaihtoehto, kuinka virtuaalinen simulointi voidaan toteuttaa. Kaikilla näillä tarkoitetaan eri asiaa, vaikka ne vaikuttavat samankaltaisilta ja menevät yleiskielessä digitaalisen kaksosen alle. Tässä mielessä näitä eri käsitteitä on hyvä avata vielä tarkemmin. (Cadmatic 2020.)

Kuvassa 2 nähdään että digitaalisen maailman lähtökohta on yleensä digitaalinen malli. Tässä vaihtoehdossa tietokoneohjelmalla suunnitellaan kolmiulotteinen malli jostain tietystä asiasta. Mallin avulla suunnitelma voidaan viedä tuotantoon ja fyysisen tuotteen perusteella taas tehdä muutoksia malliin. Tässä mallissa tietovirta on manuaalisesti syötettävää. (Cadmatic 2020.) Digitaalisella varjolla tarkoitetaan fyysisen maailman jäljentämistä digitaaliseen muotoon. Eri lähteistä kerättävällä datalla, esimerkiksi anturidata, tietokantojen rajapinnat tai reaaliaikainen videokuva, tuodaan tietoa fyysisestä maailmasta virtuaaliseen maailmaan. Tällaisessa mallissa datavirta virtuaalimaailmaan on automaattista ja virtuaalimaailman mallinnusten ja ennusteiden perusteella voidaan manuaalisesti ohjata fyysisen maailman toimintoja. (Cadmatic 2020.)

Digitaalinen kaksonen on näistä kaikkein kehittynein malli. Tässä mallissa datavirta fyysisestä maailmasta digitaaliseen maailmaan on automaattista ja digitaalisen kaksonen sovellus ohjaa fyysisen maailman toimintoja annettujen parametrien mukaan, saapuviin datasyötteisiin reagoiden. (Cadmatic 2020.)

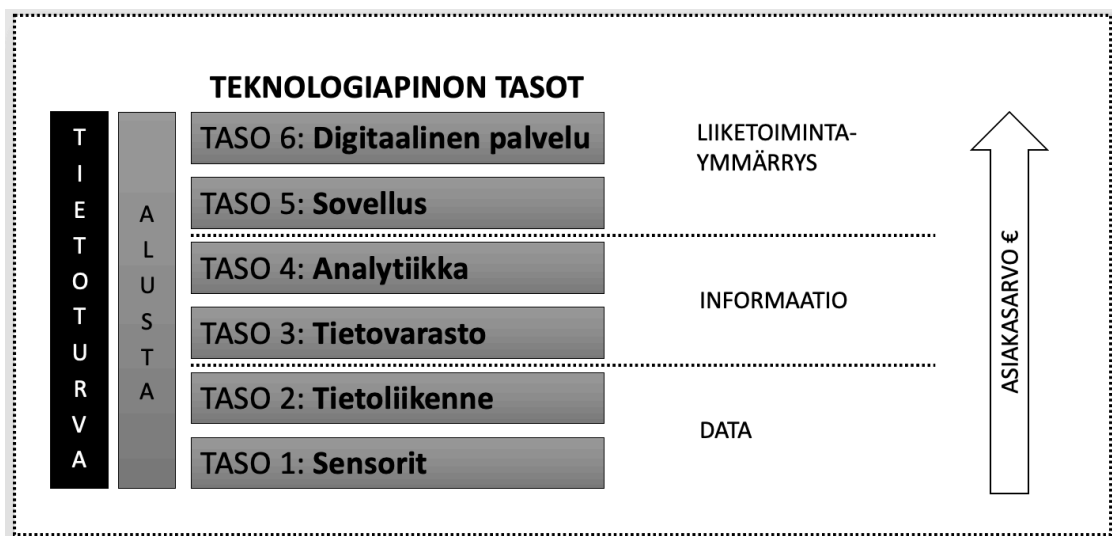


Kuva 2. Digitaalisten mallien erot (Cadmatic 2020)

Digitaalinen kaksonen ei siis ole pelkästään yksi itsenäinen järjestelmä, vaan kokoelma useista eri kokonaisuuksista ja rajapinnoista, jota kautta tietoa pystytään järjestelmään syöttämään ja järjestelmän avulla hyödyntämään. Tiedon keräys on useimmiten automaattista, mutta tiedon hyödyntäminen voi olla automaattista tai sitä pystytään itse simuloimaan haluamallaan tavalla. Anturijärjestelmät ja tiedonsiirtomahdollisuudet myös kehittyvät jatkuvasti ja tuovat sitä kautta uusia mahdollisuuksia hyödyntää digitaalista kaksosta. (Nee ym. 2021.)

Toimialoja, joilla digitaalista kaksosta voi hyödyntää, on monia. Perinteisesti digitaalisen kaksonen tarjoamia mahdollisuuksia on hyödynnetty teollisuudessa. Toimintojen kehittyessä mahdollisuudet ovat laajentuneet huomattavasti ja nykyään digitaalista kaksosta käytetään muun muassa terveystalveissa, autonomisessa liikkumisessa ja kaupunkisuunnittelussa. (Digital twin consortium 2021). Liiketoiminnallisia hyötyjä digitaalisella kaksosella on useita. Toiminnan tehostuminen paremman tilannekuvan takia automatisoinnin tuomat hyödyt sekä ennakoitavuus ovat kiistattomia hyötyvaikutuksia, joita palvelulla voidaan tuottaa. Järjestelmä voi esimerkiksi havaita jotain sellaista, mihin ihminen ei itse pysty syy-yhteyksien monimutkaisuuden takia. (Grieves 2016).

Tässä työssä tutkimuksen kohteena olevan RRT-terminaalien digitaalisen kaksoisen teknologisen infrastruktuurin suunnittelun kannalta on hyvä ymmärtää, mistä eri tasoista järjestelmä koostuu, mitä se sisältää ja kuinka eri tasot linkittyvät toisiinsa. Tästä hyvä esimerkki on esitetty Jari Collinin ja Ari Saarelaisen kirjassa *Teollinen internet*. Kirjassa kuvataan hyvin monipuolisesti teollisen internetin kehitysvaiheita, nykytilaa ja tulevaisuutta. Kirjassa tuodaan esiin myös eri mahdollisuuksia ja haasteita, joita teollinen internet tarjoaa. (Collin Saarelainen 2016.) Kuvassa 3 näkyvillä oleva teknologiapinon malli esitetään kirjassa, jonka perusteella on helppo muodostaa käsitys järjestelmästä.



Kuva 3. Teknologiapinojen tasot (Collin Saarelainen 2016 142.)

Jari Collinin ja Ari Saarelaisen kirjassa *Teollinen internet* on jaettu kokonaisuus kuuteen eri järjestelmän tasoon. Kaikki lähtee perusteista sieltä, missä tieto syntyy ja päättyy lopulta loppukäyttäjälle tarjottavaksi palveluksi. Pinon alimmat tasot liittyvät itse datan keräämiseen ja muodostamiseen, joka voi olla malliltaan suunnittelua tai oikeaan ympäristöön sijoitettujen antureiden muodostamaa dataa. (Collin & Saarelainen 2016.) Taso tasolta ylemmäksi siirryttäessä tallennetaan, jalostetaan ja muodostetaan palveluksi. Tämä kaiken tarkoituksen on yhdessä tuottaa liiketoiminnallisia hyötyjä ja helpottaa toimintaa sekä suunnittelua. Huomioitavaa on, että kaikessa mukana rinnalla kulkee tietoturva, joka voidaan oikeastaan laskea koko toiminnan perustaksi. (Collin & Saarelainen 2016.)

3.1 Teknologia

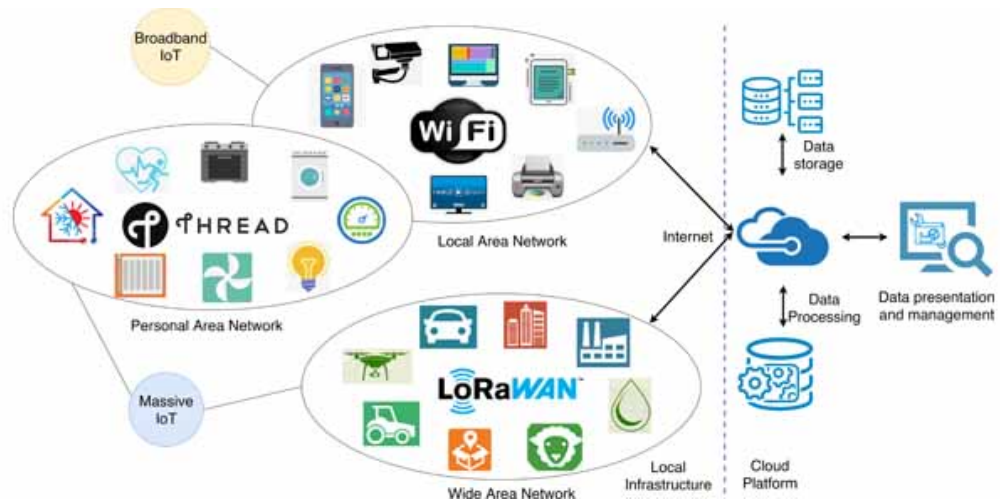
Jotta digitaalisen kaksosen järjestelmää pystytään alkaa suunnittelemaan, täytyy ensin tietää, minkälaista dataa halutaan tuottaa ja mitä sen keräämiseen vaaditaan. Tapoja kerätä dataa on hyvin monia erilaisia, ja datan kerääminen voi olla reaaliaikaisesti antureiden avulla tapahtuvaa tai tietokannoista ja rajapinnoista tuotettavaa dataa. Esimerkiksi rakennetuilta alueilta tai rakennuksista voidaan tehdä mallinnukset, jolloin pystytään myöhemmin tarkastelemaan, missä mikäkin sähköjohto tai vesiputki kulkee. Tätä kutsutaan geometriseksi kaksoseksi. (Foss 2022). Näiltä alueilta pystytään mittaamaan esimerkiksi lämpötilaa ja kosteutta, jolloin saadaan reaaliaikaista dataa.

Jos alueesta halutaan muodostaa kolmiulotteinen kuva, voidaan se muodostaa alueen yli lennätettävällä dronella. Drone ottaa kuvia alueesta, minkä avulla pystytään muodostamaan pistepilvi, joka pystytään muuttamaan kolmiulotteiseksi malliksi, jolloin saadaan alueen pinnanmuotoja kuvaava mallinnus muodostettua. (Matterport reseller 2018). Tapoja ja mahdollisuuksia datan keräämiseen on siis hyvin monia, ja tärkeintä on tiedostaa, mitä halutaan tuottaa ja mitä tarvitsee mitata.

Data, jota digitaalisessa kaksosessa käytetään, siirtyy järjestelmään aina jonkun rajapinnan kautta. Myös antureiden keräämä data ei siirry suoraan järjestelmään, vaan aina on joku päätelaite, johon anturin data siirtyy ja sieltä jälleen eteenpäin joko automaattisesti tai manuaalisesti. Tämä sujuvoittaa datan kulkua ja käsittely, kun päätelaite suodattaa datavirrasta turhan tiedon pois ja lähettää tarpeellisen tiedon eteenpäin. (Collin & Saarelainen 2016, 155.)

Jotta fyysisestä maailmasta kerättyä dataa saadaan siirrettyä eteenpäin, tarvitaan tiedonsiirtoon soveltuva teknologia. Kuvassa 4 esitettävät tiedonsiirtojärjestelmät voidaan jakaa langallisiin ja langattomiin verkkoihin. Langalliset verkot ovat tiedonsiirtoon tarkoitettuja kiinteitä yhteyksiä. Langalliset verkot voivat olla paikallisia tai maailmanlaajuisia. Langattomat verkot ovat joko maailmanlaajuisesti, esimerkiksi gsm-verkot, tai paikallisesti toimivia tietoverkkoja. Paikallisesti toimivat langattomat tietoverkot ovat usein jonkun päätelaitteen kautta yhteydessä langalliseen verkkoon, jotka ovat WiFin välityksellä yhtey-

dessä langalliseen tietoverkkoon: paikalliseen, laajemman alueen sekä maailmanlaajuisiin tietoverkkoihin. Paikallisilla verkoilla tarkoitetaan WiFi-järjestelmässä toimivia tietoverkkoja, joihin anturit ovat joko suoraan tai jonkin oman päätelaitteensa kautta yhteydessä. Wifi -verkon avulla tietoa pystytään siirtämään joko paikallisesti tai eteenpäin maailmanlaajuiseseen internetverkkoon. (Liu ym. 2019).



Kuva 4. Langattomat teknologiat (Liu ym. 2019.)

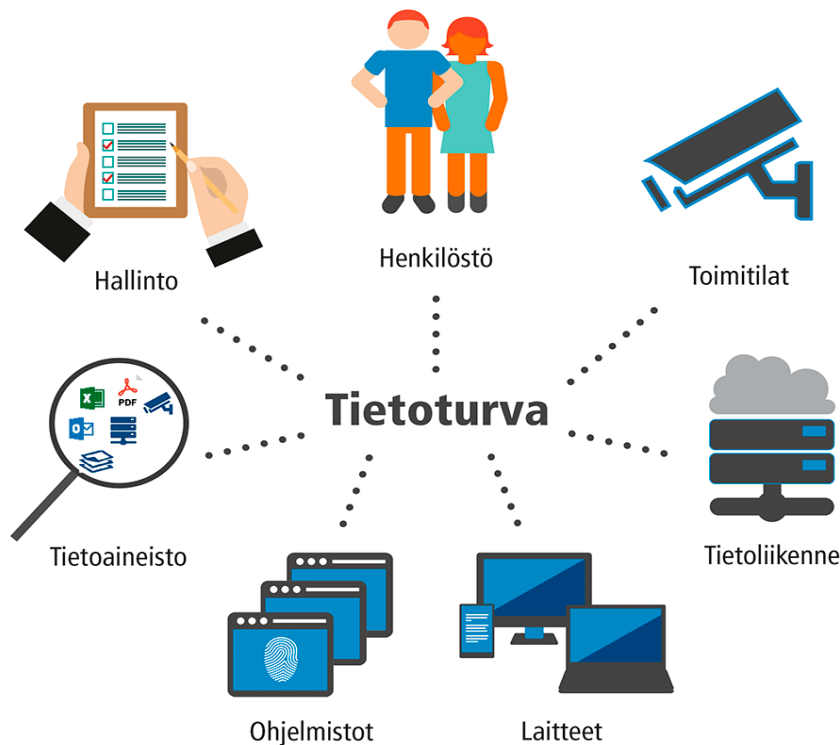
Tällä hetkellä yleistymässä olevalle 5G- ja tulevaisuuden 6G-verkoille on asetettu tavoitteita, jotka tukevat digitaalisten verkkoratkaisuiden edistymistä. Yhteyksien muodostuessa nopeammiksi, tasalaatuisemmiksi ja turvallisemmiksi mahdollistaa se digitaaliseen maailmaan liitettävien mittaus ja havainnointilaitteiden kasvun. Näiden toimintojen kehittyminen mahdollistaa myös digitaalisen kaksosien palveluiden suunnittelun pidemmälle tulevaisuuteen, kun voidaan luottaa siihen, että yhteydet pelaavat ja ovat turvallisia. (VTT s.a.)

3.2 Tietoturva ja tiedon jakaminen

Monitoimija yhteisön luonteen takia RRT-terminaalien tapauksessa tiedon sujuva jakaminen eri toimijoille ja samalla tietoturallinen toimintaympäristö on aivan avainasemassa palvelua kehitettäessä. Aiheessa korostuu seuraavat kysymykset: Kenelle ja miten tietoa jaetaan? Kuka tiedon omistaa? Kuinka varmistetaan palvelun tietoturva ja palveluiden käyttäjien anonymiteetti sekä kuinka mahdollisissa tietoturva uhkissa toimitaan? Aihe on kriittinen ja siihen on syytä perehtyä huolella ja kehittää suunnitelma, kuinka toimintaa jatkuvasti

kehitetään ja tarkastellaan sekä toimintoja harjoitellaan. (Traficom s.a.). Tiedon jakamisen kannalta oleellista on, mitä tietoa jaetaan ja mitä ylipäätään saa jakaa. Liiketoiminnalliset salaisuudet halutaan pitää salassa ja kriittisten tietojen, esimerkiksi valvontalaitteiden ja antureiden sijaintia, ei tule koskaan tiedonjaossa paljastaa. Oleellinen linjanveto on, kuinka salattuna tiedonjakaminen pidetään. Liian tiukasti suojeltu tieto ei tuota hyötyä eikä lisäarvoa, kun taas liian kevyesti suojattu tieto aiheuttaa turhia riskejä. (Traficom s.a.)

Enisan (European Union Agency for Cybersecurity) toteuttaman raportin mukaan tärkeässä roolissa tämän kaltaisessa hajautetussa järjestelmässä on käyttäjien oikeuksien ja käyttäjäroolien tarkka määrittely. Käyttäjien on päästävä käsiksi tarvitsemaansa tietoon, mutta on myös huomattava se, että käyttäjän on ymmärrettävä käyttämänsä ja jakamansa datan kriittisyys ja se kelle oikeuksia datan pariin luodaan. Tietosuojan toteuttamisessa on huomattava, että toimiva tietosuoja koostuu eri osien yhdistelmästä, (kuva 5). Laitteiston, sovellusten käyttäjien osaamisen ja prosessien ymmärryksen on oltava kunnossa, jotta toimiva tietoturva toteutuu. Myös asiakkailta saatavan datan on oltava luotettavaa ja siitä on ymmärrettävä, mitä se sisältää. (Enisa 2023.)



Kuva 5. Tietoturva (Datagroup 2021)

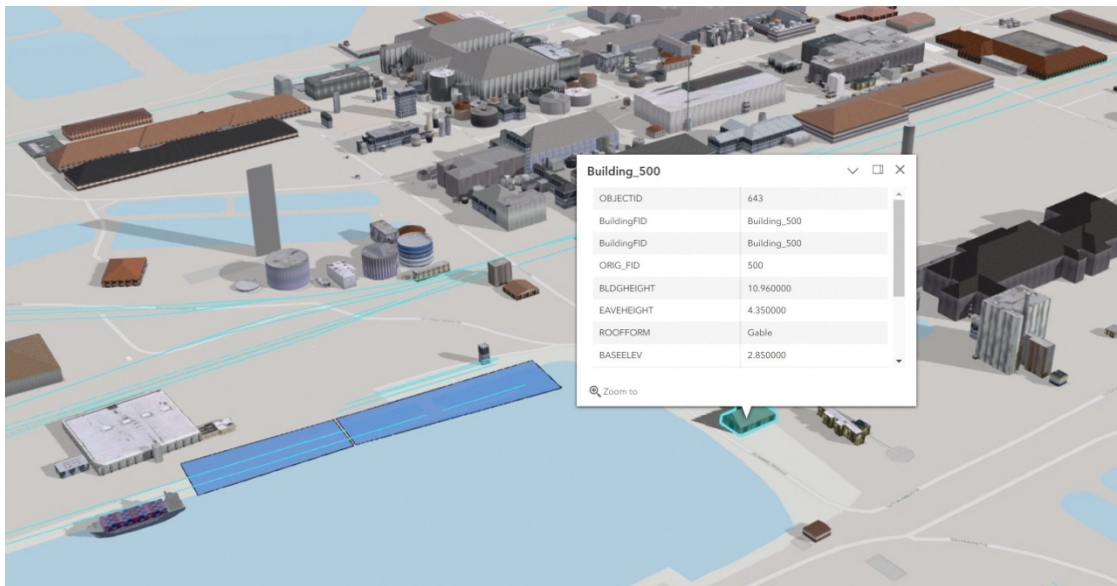
Digitaalisen kaksosen tapauksessa, kun kyseessä on useasta eri kokonaisuudesta, koostuva järjestelmä, mahdollisia tietoturvan kannalta huomioitavia kohtia on useita. Eri järjestelmät, niiden välinen tietoliikenne ja varsinainen datan tallentamiseen käytettävä järjestelmä on suojattava hyvin. Hajautetulla kokonaisuudella on vahvuuksia ja heikkouksia. Vahvuuksina voidaan pitää sitä, että kun järjestelmä koostuu osista ja se on hyvin suojattu, mahdollisessa tietoturvahyökkäystapauksessa hyökkääjä ei kovin helposti pääse käsiksi kuin vain yhteen järjestelmän osaan. Heikkoutena on monta mahdollista eri kohdetta ja erilaisesta tekniikasta koostuvaa järjestelmää, johon iskeä. (Traficom s.a.)

Hajautetun järjestelmän etuna niin tietoturvan kuin tiedon jakamisen kannalta on se, että eri kohteiden suojaustasoa voidaan säätää. Yksittäiset ei niin kriittiset anturitiedot voidaan suojata kevyemmin ja näin helpottaa ja sujuvoittaa järjestelmän toimintaa, kun taas asiakkaalle näkyvän palvelualustan suojaaminen voi olla hyvin vahvaa ja edellyttää vahvaa tunnistautumista. (Traficom s.a.) Hajautetussa järjestelmässä tietoa pystytään muokkaamaan ja suodattamaan järjestelmän eri solmukohtissa. Tällä tavoin pystytään tarjoamaan monitoimijayhteisössä eri käyttäjille sitä tietoa, mikä kenellekin kuuluu ja mitä kukakin toiminnassaan tarvitsee. Näin voidaan myös mahdollistaa se, että tiedon omistaa oikea taho ja palvelualustan tarjoaja tarjoaa vain mahdollisuuden kyseisten palveluiden toiminnallisuudelle mutta ei itse omista kaikkea dataa vaan ainoastaan sen, jonka omistettavaksi se on määritelty. (Traficom s.a.)

3.3 Esimerkkejä digitaalisen kaksosen soveltamisesta

Perinteisesti digitaalista kaksosta on hyödynnetty teollisuuden koneiden ja laitteiden parissa. Teknologisen kehityksen myötä on kuitenkin pystytty tekemään aina vain laajempia kokonaisuuksia digitaalisesta kaksosesta. Ala kehittyy kovaa vauhtia ja tulevaisuudessa yhä monimutkaisemmat toimenpiteet hoituvat automaattisesti, ilman että ihmisen tarvitsee puuttua prosessiin itse millään tavalla. Tekoäly ja koneoppiminen laajentavat digitaalisen kaksosen käyttömahdollisuuksia ja sitä kautta parantaa työn tehokkuutta ja tuottavuutta. (Etteplan s.a.)

Tässä vaiheessa työtä esitellään muutama työn aiheeseen liittyvä vaihtoehto, jossa digitaalista kaksosta voidaan hyödyntää tai on hyödynnetty. Samankaltaisuutta löytyy satama ja terminaalitoiminnoista, viranomaiskäytöstä sekä turvallisuuden valvonnasta. Näitä eri käyttökohteita yhdistelemällä on aikaansaatu mielenkiintoisia kokonaisuuksia. Yhtenä uusimmista Suomessa toteutetuista, hieman Kouvolan RRT-terminaalia vastaavassa kokonaisuudessa, on Kokkolan sataman digitaalinen kaksonen. Kuvassa 6 nähdään esimerkkinä, miten digitaalista kaksosta voi soveltaa satamatoiminnassa. Kyseessä on virtuaalisen simuloinnin keinoin toteutettu malli, jossa yhdistyy reaaliaikainen tieto sataman tapahtumista. Samankaltaisuutta RRT-terminaalin kanssa on myös tiedot, joita järjestelmään on yhdistetty niin avoimesta lähteestä kuin yksityiskohtaisia materiaalitietoja. (Newspool 2023.)



Kuva 6. Kokkolan satama (Newspool 2023)

Kokkolan satamassa toteutetussa järjestelmässä on myös vaarallisten aineiden varastoinnin valvontaan sopiva järjestelmä. Järjestelmän avulla pystytään valvomaan varastopaikkojen käyttöä kuin myös itse varastopaikan olosuhteita. Järjestelmässä tietoihin käsiksi pääsy on asiakkaalla, operaattorilla sekä pelastusviranomaisilla. (Centria 2022.) Digitaalisen kaksosen mallilla pystytään saavuttamaan etuja myös viranomaiskäytön näkökulmasta. Järjestelmän tuottamaa tietoa pystytään hyödyntämään, ja Open Access -mallissa voidaan jakaa eri viranomaisille niin poliisille, pelastuslaitokselle kuin puolustusvoimille. Reaaliaikainen tilannekuva alueen ja sen sisällä olevien rakennusten ja toimintojen tilanteesta luovat mahdollisissa onnettomuustilanteissa paremmat

lähtökohdat pelastustehtävän suorittamiselle. Tällä on vaikutusta myös huoltovarmuus näkökulmasta. Jos alueella sijaitsee erimerkiksi kriittisiä varastoja, on tärkeää, että niistä on saatavilla reaaliaikainen tieto. (Valtioneuvosto 2022.)

Hyvänä esimerkkinä digitaalisen kaksosen järjestelmään liitettävästä palvelusta on Codeax Oy:n toteuttama safe-palvelu, jolla rakennuksista tai alueista pystytään toteuttamaan digitaalisen kaksosen pelastussuunnitelma. Codeaxin järjestelmä on voittanut 2022 World Of Digital Build Environmentin myöntämän The most advanced digital twin -palkinnon kiinteistöjen turvallisuustiedon alustallaan. (Codeax 2022.) Kyseinen järjestelmä toteuttaa RRT-terminaalin kaltaisessa monitoimijaympäristössä tärkeää open access-Mallia, jossa kootua tietoa pystytään jakamaan eri tasoille eri sisältöisenä kulloisenkin prioriteetin mukaan. Itse ohjelmaan on myös mahdollisuus liittää eri toimintoja kuten videokuvaa. Järjestelmän joustavuus ja laajennettavuus tekee siitä monella tapaa hyödyllisen. (Codeax 2022.)

3.4 Digitaalisen kaksosen tulevaisuus

Digitaalisen kaksosen kehittyminen on tällä hetkellä vielä murrosvaiheessa. Useita eri sovelluksia digitaalisen kaksosen toteuttamiseen on jo olemassa, mutta monet eri teknologiat, jotka entisestään kiihdyttävät digitaalisen kaksosen kehittymistä, ovat vielä muodostumassa. Vielä ei tiedetä, kuinka nopeasti ja laajalle tämä kehitys tulee etenemään, mutta se on varmaa, että ala kehittyy jatkuvasti.

Myös se, mitä digitaalisella kaksosella tarkoitetaan, ei ole yksiselitteistä. Kyse voi olla pienen alueen ja muutaman toimilaitteen muodostamasta kokonaisuudesta aina suureen tehtaaseen, kaupunkiin tai maapallon digitaaliseen kaksoseen asti. Yritysten ja yhteiskunnan tarpeet määrittävät kehityksen muutosnopeuden yhdessä tekniikan kehittymisen kanssa ja pyrkimys tehokkaampaan ja kestävämpään toimintaan vauhdittaa tätä kehitystä. (Auvinen 2023, 158--159.)

Risto Linturi (2003, 187) on Vesa Auvisen kirjassa ennustanut, että tulevaisuudessa hyvin monesta asiasta on muodostettu digitaalinen kaksonen, ja maailmaa tarkastellaan virtuaalisesti digitaalisen kaksosen avulla. Tähän yhdistetynä tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet voidaan toiminnoista saada hyvinkin

automaattisia muistaen kuitenkin sääntely, jota digitaalisen kaksosen annetaan ja jota ei anneta tehdä. (Auvinen 2023, 187).

4 TUTKIMUSHAASTATTELUT

Tutkimushaastattelut tehtiin 28.9.2023--2.11.2023 välisenä aikana. Haastateltavia henkilöitä oli neljä kappaletta, neljästä eri yrityksestä. Haastateltavat henkilöt ja yritykset valikoituivat yrityksistä, jotka toimivat työn aiheen ympärillä. Salassapitosyistä henkilöitä eikä yrityksiä ei sen tarkemmin tässä työssä tuoda esille. Haastateltavia oli niin asiakkaiden kuin palvelun tarjoajien puolelta. Litteroitua tekstiä haastatteluista kertyi 32 sivua. Haastattelujen kestoksi muodostui 2 tuntia, 31 minuuttia ja 10 sekuntia.

Haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina, johon oli etukäteen muodostettu kolme eri teemaa. Teemat olivat: digitaalisen kaksosen hyödyt ja haasteet, digitaalisen kaksosen tietoturva sekä liiketoiminnallinen näkökulma. Näiden teemojen sisällä oli kysymyksiä aiheen ympäriltä. Yhteensä kysymyksiä oli 14. Valmiilla teemoilla ja kysymyksillä pyrittiin rajaamaan keskustelu aina tietyn aiheen ympärille jättäen kuitenkin vapaalle keskustelulle tilaa. Kysymykset lähetettiin haastateltaville etukäteen. Kysymykset löytyvät liitteestä 1.

4.1 Digitaalisen kaksosen hyödyt ja haasteet

Tutkimuksessa selvisi, että digitaalinen kaksonen koetaan monesti 3d-mallinnettuna simulointi ympäristönä. Esiin nousi haastateltavien keskuudessa, että se voi olla myös muunlaisia malleja kuin pelkästään 3d-ympäristö, eikä digitaalista kaksosta välttämättä edes pysty tarkasti määrittelemään. Keskeistä on se, että digitaalinen kaksonen ei ole valmis tuote, vaan jatkuvasti kunkin toimijan tarpeen sekä uusien teknologioiden kehittymisen myötä kehittyvä järjestelmä. Digitaalista kaksosta perustettaessa on otettava huomioon järjestelmän laajenetamismahdollisuus myöhemmin.

Haastateltavat näkivät digitaalisen kaksosen hyödyllisenä apuvälineenä tuottaa eri asteista informaatiota. Toiset näkivät sen hyödyn jo käytössä ja toiset tulevaisuuden mahdollisuutena. Käyttömahdollisuuksia siinä nähtiin niin

reaaliaikaisena tilannekuvan tarjoavana järjestelmänä kuin pysyvän tiedon säilytyksen mahdollistajana. Yksi tärkeä näkökulma oli myös tulevaisuudessa näkyvässä työvoimapulan ratkaisussa.

Yrityksen tarpeista digitaaliseen kaksoseen liittyen oli nähtävissä toisilla haastateltavilla jo käytössä olevia malleja. Digitaalista kaksosta kuvattiin muun muassa tämän hetken avainjutuksi ja kaiken perustaksi. Toisaalla se nähtiin hyvänä mahdollisuutena, esimerkiksi tekoälyn kanssa yhdistettävänä. Tarpeellisia haastateltaville yrityksille olivat erilaiset varastomallinnuksen sovellukset, ilmakuvaus mahdollisuudet ja toisaalla taas koko alueen jatkuvan reaaliaikaisen tilannekuvan tiedot. Tärkeää on mahdollisuus yhdistää eri tietolähteitä järjestelmään mahdollisimman monipuolisesti.

Digitaalisen kaksosen sisältöön liittyen nähtiin että, ensin täytyy asiakkaan ja toimittajan kesken määritellä, mitä halutaan, mitä on jo olemassa ja mihin ympäristöön digitaalinen kaksonen rakennetaan: avoimeen vai suljettuun. Tässä kysymyksessä näkemykset erosivat asiakas puolen toimijoiden kesken hienan. Toinen asiakas kertoi, että tarpeellista on kaikki, mikä digitaalisesta kaksosesta on irti saatavissa, kun taas toinen näki digikaksosen tarjoamat mahdollisuuden enemmänkin kivana lisänä omien järjestelmien rinnalla kuin keskeisenä toimintaympäristönä. Digitaalisen kaksosen tarjoaman tiedon on kuitenkin oltava tarkkaa, luotettavaa, standardisoitua ja vertailtavaa. Reaaliaikainen eri lähteistä saatava sensoritieto nähtiin myös tarpeelliseksi.

(Haastateltava 1). *Tietyllä tavalla digitaalinen kaksonen voi olla mitä tahansa*

Digitaalisen kaksosen yksi keskeisimmistä haasteista liittyy haastateltavien mukaan terminologiaan. Tarkka määrittely on mahdotonta, ja on oltava perillä mistä puhutaan. Toinen keskeinen asia, joka nähtiin haasteena, on valtavan tietomäärän suodattaminen. Tietomäärässä on valtavasti muuttujia ja sieltä on osattava etsiä oleellimmat asiat ja antaa niille sopivat painoarvot, jotta osataan tehdä oikeita päätöksiä.

(Haastateltava 2) *Mitenkä sieltä saadaan ne tiedot millä on vaikutusta ja niille painoarvot oikein, jotta päätöksenteon kriteerit tautalla toteutuvat.*

Järjestelmän tarjoaman tiedon tarkkuus on keskeinen asia, ja tällaiseen järjestelmään panostamisella on oltava myös liiketaloudellista hyötyä. Myös hinta nousi haastateltavien keskuudessa esiin sekä järjestelmän käyttöönoton vaatima työmäärä ja siitä aiheutuvat kustannukset. Kysymykseen digitaalisen kaksosen mallista, oltiin sitä mieltä, että tarpeen mukaan ja askel kerrallaan. Ensin tietoa tuottava, mutta mahdollisesti vähän kerrallaan automaattisesti suosituksia antava ja ehkä joskus päätöksiä tekevä.

4.2 Digitaalisen kaksosen tietoturva

Haastateltavat näkivät open-access mallissa kaksi puolta. Digitaalisen kaksosen avoin, simulointiin toimiva puoli, esimerkiksi 3D-malli alueen infrasta nähtiin hyvänä mahdollisuutena. Asiakkaiden liiketoimintaan liittyvät tiedot on ehdottomasti pystyttävä pitämään salassa, eikä näitä tietoja saa muualle vuotaa. Sopimuksilla on määritettävä, kuka näkee mitäkin ja tietosuojan ja luotettavuuden on toteuduttava.

Haastateltavat uskoivat, että toiset toimijat suhtautuvat aiheeseen varovaisesti. Omiin toimiin liittyvät tiedot on nähtävä, mutta ei saa joutua toisten nähtäväksi. Palvelun tarjoajan oikeus tiedon näkemiseen ymmärretään, mutta siinä on huomioista tiedon luottamuksellisuus ja sopimukset.

Datan luovuttamista koskevassa kysymyksessä vastaukset erosivat tarjoajien ja asiakkaiden kesken. Tarjoajat näkivät, että kriittinen data on ehdottomasti pysyttävä salaisena, mutta ei kriittisen datan jakaminen nähtiin hyvin vahvasti positiivisena asiana. Argumentteina olivat alan yhteinen eteenpäin meneminen ja positiiviset vaikutukset maanlaajuisesti.

(Haastateltava 4) *Ollaan avoimen tiedonjakamisen kannalla vahvasti*

Asiakaspuolella aihe nähtiin kriittisemmin. Esiin nousi sopimukset, jonka avulla määritetään, mitä tietoa menee mihinkin ja toinen haastateltavista ei halunnut, että heidän dataansa luovutetaan mihinkään järjestelmään.

Datan jakamisessa nähtiin kaikkein tärkeimpänä asiana avoin molemminpuolinen keskustelu, jotta löydetään asiat mitä kumpikin osapuoli haluaa. Mitä kukakin omistaa sekä mitä saa, ja mitä ei saa jakaa. Yhteistyössä läpi käytäviä asioita, jossa molemmat osapuolet ymmärtää toisiaan ja sopimuksien kautta asioiden määrittely. Mahdollisesti jaettavan datan suhteen on huomioitava, että sillä on myös hintansa.

Tietoturvakysymyksessä yhteinen keskustelu nousi avainasemaan. Aiheen ympärillä on paljon haasteita, sellaisia kysymyksiä, joita ei välttämättä vielä edes tiedetä. Siitä, missä tietoa säilytetään, on oltava varmuus. Myös tietoturva puolen rauta ja laitteisto on tärkeää, mutta oikea käyttäytymisen, osaaminen ja käyttäjien koulutus on yhtä tärkeässä roolissa. Tiedon jakamiseen liittyen nähtiin erilaiset rajapintaratkaisut keskeisenä, jota kautta tietoa jaetaan. Tietoturvan koettiin olevan osa palvelutarjoajan kokonaispakettia.

4.3 Liiketoiminnallinen näkökulma

Digitaalisen kaksosen maksullisuuden hyväksyttävyyttä nähtiin tarjoajasta riippuvaisena. Julkisen puolen tarjoamana sen nähtiin maksuttomana, mutta yksityisen puolen maksullisuus nähtiin hyväksyttävänä. Jollain toiminta täytyy kuitenkin rahoittaa, ja liiketoiminnallisen hyödyn ja hinnan on kohdattava. Nähtiin myös, että voi olla osana alueen yleistä palvelua. Palvelulla on kuitenkin oltava liiketoiminnallista hyötyä, että sitä kannattaa alkaa toteuttamaan.

(Haastateltava 3) Siellä pitää olla ihan oikea bisneskeissi taustalla, jos lähdetään tekemään, niin sillä pitää olla myös tuotannollista hyötyä

Digitaalisen kaksosen hinnoittelumallissa esillä oli kahta eri vaihtoehtoa. Tästäkin esiin nousi se, tarjoaako palvelua julkinen vai yksityinen toimija ja kuuluuko digikaksosen osaksi palvelua. Toiminnan vertailtavuuden kannalta nähtiin suoriteperusteisuus hyvänä asiana, jolloin maksetaan siitä, minkä verran

tuotetta on käytetty tai tavaraa kulkenut. Toisaalta budjetoinnin kannalta nähtiin hyvänä asiana kuukausimaksu.

Digitaalisen kaksosen tulevaisuus nähtiin valoisana. Tulee yleistymään, kehittymään ja yhdistymään muiden teknologioiden kanssa tiedonsiirtoverkkojen kehittyessä. Esimerkkeiksi nousi metaversumi ja Chat-GPT. Digitaalinen kaksonen tulee olemaan iso apu tulevaisuudessa ja jonkinlainen itsestäänselvyys. Toiminnan kehittämisessä ja käyttöönottamisessa tarvitaan kuitenkin rohkeutta toteuttaa, kehittää ja viedä järjestelmiä eteenpäin yhdessä, jotta kaikki hyötyvät.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena selvittää asioita, joita digitaalisen kaksosen yhteydessä on otettava huomioon, niin asiakkaan kuin palveluntarjoajan näkökulmasta. Tutkimuksen tavoitteet saavutettiin hyvin. Tutkimuskysymykseen, Mitä asioita on otettava huomioon, jotta digitaalinen kaksonen palvelisi asiakasta mahdollisimman hyvin? saatiin vastaukseksi sekä samankaltaisia että toisistaan eroavia vastauksia. Haastatteluiden johtopäätöksenä selvisi, että aihe nähdään hieman eri tavalla asiakkaan ja palvelun tarjoajan puolelta, näkökulman mukaan. Haastattelumateriaalia tutkittaessa haluttiin löytää materiaalista samankaltaisia ajatuksia, mutta myös yksittäiset, muusta linjasta poikkeavat mielipiteet otettiin huomioon, jos ne olivat työn kannalta olennaisia.

Haastateltavat olivat sitä mieltä, että digitaalinen kaksonen on tulevaisuuden juttu, ja tulee varmasti yleistymään. Teoriaosuudessa esillä ollut digitaalisen kaksosen määrittelemättömyys sai vahvistusta, ja haastatteluissa selvisi, että digitaalinen kaksonen voi olla hyvin monimuotoinen ja sisältää toimijan mukaan monia erilaisia aiheita. Digitaalisen kaksosen yhteydessä käytävässä keskustelussa olisi hyödyllistä tehdä jonkinlaista standardisointia laajemmin sekä Suomen että EU:n tasolla, jotta itsenäisistä pienistä järjestelmistä päästäisiin isompiin helpommin ymmärrettäviin ja määriteltäviin kokonaisuuksiin. Perustamisvaiheessa yhteistyön merkitys nousi esiin. Keskinäiset valmiudet ja tarpeet on hyvä käydä yhteistyössä läpi ja selvittää, mitä järjestelmiä on jo olemassa ja mitä tarvitaan lisää. Kuten tutkimuksessa (Nee ym. 2021) mainitaan, kyseessä ei ole itsenäinen järjestelmä, vaan useasta eri kokonaisuudesta

koostuva yhdistelmä, vuoropuhelu ja eri osapuolten tarpeiden selvittäminen on tärkeää. Tärkeänä koettiin myös asioiden tarkasta sopimisesta. Sopimukset on käytävä yhdessä perusteellisesti läpi, sopia oikeudet ja velvollisuudet. Sopimuksia tehdessä on sovittava, mitä tietoa saa ja mitä tietoa ei saa jakaa. Tietoturvaratkaisut koettiin myös olennaiseksi osaksi kokonaisuutta. Tietoturvassa korostuu järjestelmäpuolen, sovelluspuolen sekä koulutuksen avulla vahvistettava henkilön toiminnasta riippuvainen tietoturva. Tietoturvassa oikeanlainen käyttäytyminen on tärkeässä roolissa, jota on vahvistettava kouluttamalla. Viimeisenä teemana olleeseen liiketoiminnalliseen teemaan löytyi vastauksena, että järjestelmän käyttämiselle on oltava liiketoiminnallista hyötyä. Digitaalinen kaksosen lisäämistä kivana lisänä omien järjestelmien rinnalle ei nähty järkevänä. Erilaiset toiminnan suunnitteluun ja simulointiin soveltuvat, alueen kuvauksesta ja toiminnasta kertovat palvelut ovat asiakkaalle hyödyllisiä.

Kuvassa 7 nähdään kootusti tärkeimpiä tutkimuksessa esille nousseita asioita. Haastateltavien keskuudessa esiin nousi yhtenä tärkeimmistä molemminpuolinen yhteistyö, jossa käydään tarvittavat asiat läpi. Asiakkaan kohdalta on huomioon otettava se mitä asiakas oikeasti tarvitsee ja mitä tietojärjestelmiä asiakkaalla on jo olemassa. Digitaalisella kaksosella on oltava myös asiakkaalle liiketoiminnallista hyötyä. Palveluntarjoajan näkökulmasta on selvitettävä, kuinka laajaa palvelua asiakkaalle tarjotaan sekä se, minkälaisella alustalla järjestelmät toimivat. Kaiken toiminnan on perustuttava luottamukseen, ja yhteistyöllä selvitettävä tietojen kulku järjestelmissä, mitä saa ja mitä ei saa jakaa. Tärkeänä esiin nousseista asioista on myös kunkin osapuolen oikeudet ja vastuut. Tietoturvan puolella korostuu rajapintojen myötä vahva tietoturva. Tietoturva järjestelmien ja sovellusten on oltava turvallisia ja varmoja toiminnaltaan. Iso osa tietoturvaa on kuitenkin oikeanlainen käyttäytyminen ja oikea osaaminen. Tähän voidaan vaikuttaa esimerkiksi koulutusten kautta, jossa käydään läpi, minkälaista on tietoturvan kannalta oikeanlainen toiminta.

Digitaalisen kaksosen perustamisessa huomioitavia asioita



Kuva 7. Digitaalisen kaksosen perustamisessa huomioitavia asioita.

Terminaalialueen toiminnan kannalta on myös syytä kiinnittää huomiota siihen, kuka datan omistaa, kenelle dataa jaetaan ja kuinka sitä pystytään yhdistämään eri toimijoille tarpeelliseksi kokonaisuudeksi. (Ala-Krekola ym. 2023)

6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa hyödyllistä tietoa toimeksiantajayritykselle ja keskittyä työssä digitaalisen kaksosen perustamisvaiheessa huomioon otettaville asioille. Työhön haastateltiin toimijoita eri puolilta aihetta ja näin saatiin luotettava kuva tärkeistä huomioon otettavista asioista. Työn aiheen valitsemisen jälkeen itse työn rajaaminen tuotti haasteita. Aihekokonaisuus on laaja ja tutkimusta tehdessä tutkittavia asioita olisi ollut useita. Aikataulun rajallisuus huomioon ottaen tutkimus rajattiin koskemaan tärkeimpiä perustamisvaiheessa huomioitavia asioita. Itse tutkimusmateriaalia työhön oli saatavilla hyvin. Lähteitä löytyi niin kotimaisia kuin kansainvälisiä. Tutkimushaastattelut onnistuivat hyvin. Haastateltaviksi löytyi henkilöiltä niiltä toimialoilta ja yrityksistä, jotka katsottiin aiheen kannalta tarpeelliseksi. Haastattelut saatiin suoritettua aikataulussa. Litteroinnin avulla saatiin haastatteluista poimittua tutkimuksen kannalta oleelliset asiat ja näistä saatiin muodostettua selkeät kokonaisuudet. Tutkimusta tehdessä myös eettiset näkökulmat on otettu huomioon. Haastateltaville lähetettiin haastattelukysymykset etukäteen ja ky-

syttiin suostumus nauhoitusten tallentamiseen. Litteroinnin jälkeen haastattelumateriaalit myös sovitusti poistettiin. Haastattelut tehtiin anonyymisti ja haastateltavat oli ainoastaan tutkijan tiedossa.

Kvalitatiivista tutkimusta tehdessä tutkimustulosten vakiointi eroaa kvantitatiivisesta tutkimuksesta. Tuloksia ei voida yksiselitteisesti määrittellä esimerkiksi määrän mukaan. Tutkimuksen laatua ja luotettavuutta arvioidaan sen mukaan, tarkastellaanko tutkimusta tehdessä aiheen kannalta oleellisia asioita ja kuinka tutkimustulos muotoutuu, jos sama tutkimus toistetaan jonkun ajan kuluessa uudestaan. Tutkimuksen laatuun olennaisena osana vaikuttaa myös, kuinka tutkimus on tehty. Tutkimusta tehtäessä haastattelut on pyrittävä tekemään mahdollisimman samalla tavalla. Aineiston käsittely ja purkaminen on oltava samanlaista kaikissa haastatteluissa. Luotettavuutta vahvistaa, jos teoriasta on löydettävissä samankaltaisia vastauksia kuin tutkimuksen tuloksena saadaan. (Kananen 2017, 173–180).

Tämän tutkimuksen tulosta voidaan pitää luotettavana. Tutkimusmenetelmät työssä on kuvattu yksityiskohtaisesti, kuinka tietoa hankittiin ja kuinka haastattelut toteutettiin. Teoriatiedon keruussa käytettiin monipuolisesti luotettavia lähteitä, ja aiheen ympäriltä löydettiin olennaista tietoa. Tutkimushaastattelut litteroitiin, luokiteltiin ja sen perusteella löydettiin kokonaisuuksia, jotka tukevat teoriaosiossa löydettyä tietoa. Tutkimusprosessissa löydettiin tietoa tarvittavilta osin eri lähteistä ja niiden perusteella pystyttiin muodostamaan teoreettinen perusta. Tutkimuskysymyksien ja haastatteluiden avulla saatiin tulevaisuuden kannalta tärkeää huomioon otettavaa tietoa käytettäväksi digitaalisen kaksosen perustamisvaiheessa.

Tutkimusta voidaan pitää laadullisesti hyvänä. Tutkimuskysymys ja tutkimuksen tavoitteet ovat yhteensopivat. Tutkimuksen aineistonkeruuta on toteutettu tutkimusmenetelmissä kuvatulla tavalla. Aineiston analyysiä toteutettiin samalla menetelmällä kaikkien kohdalla ja tutkimuksen avulla saatiin vahvistusta teoriaosuudessa esitettyyn tietoon. Raportissa tuodaan esille osallistujien ääntä raportissa esiintyvien suorien lainausten kautta.

Tutkittavan aiheen laajuus ja nopea kehitys huomioon ottaen olisi hyödyllistä tutkia aihetta myöhemmin uudestaan. Viiden vuoden aikajänteelle olisi hyödyllistä tutkia digitaalisen kaksosen määrittelyä, onko siihen tullut jonkinlaista kehitystä ja sääntelyä. Eri järjestelmien toisiinsa liitettävyyden ja tietoturvaratkaisut olisi hyödyllisiä tutkimuskohteita. Itse RRT-terminaalien osalta voitaisiin tutkia varsinaisen digitaalisen kaksosen teknisen tason ratkaisun toteuttamista terminaaliin.

LÄHTEET

Aatsalo, J. 2020. Tutkimuksen mukaan rakennusten digitaaliset kaksoset yleistyvät hitaasti markkinoilla. *Rakennuslehti*. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.rakennuslehti.fi/2020/12/tutkimus-rakennusten-digitaaliset-kaksoset-edistyvat-hitaasti-kayttajat-haluavat-yksinkertaisuutta> [viitattu 14.3.2023].

Ala-Krekola, E., Paasonen, J. & Rantavuo, T. 2023. Haastattelu. 16.2.2023. Kinno, Xamk.

Auvinen, V. 2023. Metaversumi, matkaopas johtajille, hallitustyöläisille, omistajille ja uteliaille. Helsinki: Kauppakamari.

VTT s.a. Beyond 5G - ja 6G-verkot. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/beyond-5g-ja-6g-verkot> [viitattu 22.3.2023].

Cadmatic. 2020. Digital model, Digital shadow, or Digital twin. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.cadmatic.com/assets/uploads/images/digital_model.png [viitattu 7.12.2023]

Cadmatic. 2020. Digital model, digital shadow, or digital twin – what is at the core of data-driven shipbuilding?. s.a. Blogi. Saatavissa: <https://www.cadmatic.com/en/resources/blog/digital-model-digital-shadow-or-digital-twin> [viitattu 22.3.2023].

Centria. 2022. Biline 2, Tiedolla johtaminen Kokkolan satamassa ja Kokkolan suurteollisuusalueella. PDF- dokumentti. Saatavissa: https://net.centria.fi/wp-content/uploads/2022/03/Biline2_esite_finnish_04102022.pdf [viitattu 16.9.2023].

Codeax. 2022. Codeax SAFE. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://codeax.fi/codeax-safe/> [viitattu 4.6.2023].

Collin, J. & Saarelainen, A. 2016. Teollinen internet. Helsinki: Talentum.

Datagroup. 2021. Tietoturvan osa-alueet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.datagroup.fi/sites/default/files/2021-05/Tietoturvan-osa-alueet-netti.png> [viitattu 7.12.2023]

Devine, D. Fuenmayor, E. Hinchy, E. Murray, N. Singh, M. Qiao, Y. 2021. Digital Twin: Origin to Future. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2571-5577/4/2/36> [viitattu 30.12.2023]

Digital Twin Consortium. 2021. Transforming Businesses using Digital Twin. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.digitaltwinconsortium.org/2021/01/transforming-businesses-using-digital-twin> [viitattu 14.3.2023].

Etteplan s.a. Digitaalinen kaksonen mullistaa nyt teollisuuden tuotekehitystä. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.etteplan.com/fi/artikkelit/digitaalinen-kaksonen-mullistaa-nyt-teollisuuden-tuotekehitysta> [viitattu 22.3.2023].

Euroopan komissio. 2011. Valkoinen Kirja. PDF-dokumentti. Päivitetty 28.3.2011. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0144:FIN:fi:PDF> [viitattu 4.6.2023].

Enisa. 2023. Good practises for supply chain cybersecurity. PDF-dokumentti. Päivitetty 13.6.2023. Saatavissa: <https://www.enisa.europa.eu/publications/good-practices-for-supply-chain-cybersecurity> [viitattu 16.9.2023].

Foss, C. 2022. Mikä rakennuksen digitaalinen kaksonen oikeasti on? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nordicbim.com/fi/bimblogi/mik%C3%A4-rakennuksen-digitaalinen-kaksonen-oikeasti-on> [viitattu 14.3.2023].

Gartner. 2017. Prepare For The Impact Of Digital Twins, develop new economic and business models that deliver maximum value for digital twins. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins> [viitattu 14.3.2023].

Grieves. 2016. Conceptual ideal for PLM. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept [viitattu 7.12.2023]

Grieves, M. 2016. Origins of the Digital Twin Concept. Verkkojulkaisu. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept DOI: 10.13140/RG.2.2.26367.61609. [viitattu 4.6.2023].

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2001. Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki: Yliopistopaino.

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja -sarja.

Kananen, J. 2019. Opinnäytetyön ja gradun pikaopas: avain opinnäytetyön ja pro gradun kirjoittamiseen. Jyväskylä. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. E-kirja. Saatavissa: <https://kaakkuri.finna.fi/Record/kaakkuri.225239> [viitattu 11.2.2023].

Kinno s.a. Digivihreä RRT: kestävää kilpailukykyä ja turvallisuutta muuttuvassa toimintaympäristössä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kinno.fi/digivihrea-rrt/> [viitattu 11.2.2023].

Kouvola. 2022a. Keskeiset hankkeet. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kouvola.fi/kouvolankaupunki/strategia/karkihankkeet/> [viitattu 11.2.2023].

Kouvola. 2022b. RRT- Usein kysytyt kysymykset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kouvola.fi/kouvolankaupunki/strategia/karkihankkeet/rautatie-ja-maantieterminaali-kouvola-rrt/rrt-usein-kysytyt-kysymykset/> [viitattu 28.9.2023]

Kouvola. 2023. Suomen ensimmäinen kuivasatama Kouvola RRT on valmis. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kouvola.fi/ajankohtaiset/suomen-ensimmainen-kuivasatama-kouvola-rrt-on-valmis/> [viitattu 11.2.2023].

Liu, Y., Akram Hassan, K., Karlsson, M., Pang, Z. & Gong, S. 2019. A Data-Centric Internet of Things Framework Based on Azure Cloud. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8698762> [viitattu 7.12.2023]

Liu, Y., Akram Hassan, K., Karlsson, M., Pang, Z. & Gong, S. 2019. A Data-Centric Internet of Things Framework Based on Azure Cloud. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8698762/authors#authors> IEEEAccess.7,53839–53858.DOI:10.1109/ACCESS.2019.2913224 [viitattu 4.6.2023].

LVM. 2020. Logistiikan digitalisaatiostrategia: kohti tehokasta ja kestävää logistiikka digitalisaatiolla. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162463> [viitattu 11.2.2023].

Matterport reseller. 2018. Pistepilvi tutuksi. Geotrim / Matterport 3D. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://3d-malli.fi/pistepilvi-tutuksi> [viitattu 14.3.2023].

Nee, A.Y.C. & Ong, S.K. 2021. Digital twins in industry. MDPI. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://mdpi-res.com/bookfiles/book/4224/Digital_Twins_in_Industry.pdf [viitattu 4.6.2023].

Newspool. 2023. Digitaalinen kaksonen valvoo satamatoimintoja. Verkkojulkaisu. Saatavissa: <https://newspool.fi/artikkelit/digitaalinen-kaksonen-valvoo-satamatoimintoja/> [viitattu 16.9.2023].

Newspool. 2023. Kokkolan satama. Saatavissa: https://newspool.fi/wp-content/uploads/2023/03/Bilin2_3Dka%CC%88ytto%CC%88liityma%CC%883_RGB_1-edited-scaled.jpg [viitattu 7.12.2023]

Puomio, S. 2021. Mikä on kaupungin digitaalinen kaksonen? Forum Virium Helsinki. Verkkojulkaisu Saatavissa: <https://forumvirium.fi/mika-kaupungin-digitaalinen-kaksonen> [viitattu 14.3.2023].

Railgate s.a. Rautatie- ja maantiekuljetusten yhdistäjä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://railgate.fi/railgate-finland/> [viitattu 5.12.2023]

Railgate s.a. Ensimmäinen kuivasatama ja liikenteen renessanssi kiinnostivat Suomi-Areenassa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://railgate.fi/suomen-ensimmainen-kuivasatama-liikenteen-renessanssi/> [viitattu 5.12.2023]

Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto. Verkkojulkaisu. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoaristo. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L5_5.html [Viitattu 16.09.2023].

Sarajärvi, A & Tuomi, J. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Toinen uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Tietoarkisto s.a. Tapaustutkimus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/tutkimusasetelma/tapaustutkimus/> [viitattu 11.2.2023].

Traficom. 2021. Tunnisteet ja tietosuoja, anonymisointi ja sen rajat. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/publication/Tunnisteet%20ja%20tietosuoja.pdf> [viitattu 11.2.2023].

Valtioneuvosto. 2022. Pelastustoimen materiaallinen tietojärjestelmä: Esiselvityksen loppuraportti. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163835/Liite_2_Pelastustoimen_materiaallinen_tietojarjestelma.pdf?sequence=3&isAllowed=y [viitattu 4.6.2023].

Väylä. 2023. Euroopan laajuinen liikenneverkko TEN-T. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vayla.fi/vaylista/liikennejarjestelma/tent> [viitattu 11.2.2023].

Yle. 2022. VR sulkee neljä idän tavaraliikenteen työpaikkaa Venäjän rajalla – samalla 70 työtehtävää lakkaa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://yle.fi/a/3-12602398> [viitattu 11.2.2023].

Haastattelukysymykset

Digitaalisen kaksosen hyödyt ja haasteet

1. Miten käsitätte digitaalisen kaksosen?
2. Näkemyksenne digitaalisen kaksosen tarjoamista tämän hetken hyödyistä / tarpeellisuudesta.
3. Mitä digitaalisen kaksosen toimintoja yrityksenne tarvitsee?
4. Mitä digitaalisen kaksosen tulee sisältää?
5. Mitä haasteita näette digitaalisessa kaksosessa?
6. Tulisiko digitaalisen kaksosen tason olla ns. autonominen digitaalinen kaksonen vai informaatiota tuottava digitaalinen varjo? Vai joku muu?

Digitaalisen kaksosen tietoturva

7. Teidän näkemyksenne kaikille avoimen monitoimijaympäristön open access malliin?
8. Miten uskotte muiden toimijoiden suhtautuvan open access malliin?
9. Miten suhtaudutte datan luovuttamiseen toiselle digikaksosessa mukana olevalle toimijalle?
10. Mitä datan luovuttamisessa tulee ottaa huomioon?
11. Miten digitaalisen kaksosen tietoturva tulisi toteuttaa?

Liiketoiminnallinen näkökulma

12. Mitä mieltä olette digitaalisen kaksosen maksullisuudesta?
13. Millainen hinnoittelumalli olisi mielestänne hyvä?
14. Näkemyksenne digitaalisen kaksosen tulevaisuudesta?