

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka / Meritekniikka

2023

Hung Nguyen

# Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen meriteollisuudessa

– Opinnäytetyö

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka | Meritekniikka

2023 | 58 sivua

Hung Nguyen

## Digitaalisen kaksosen hyödyntäminen meriteollisuudessa

- Digitaalinen kaksosen laivasuunnittelussa

Tämän opinnäytetyön päätavoitteena oli löytää erilaisia ratkaisuja digitaalisen kaksosen hyödyntämiseksi laivasuunnittelussa ja samalla myös kertoa kyseisestä teknologiasta yleisesti sekä sen käytöstä meriteollisuudessa. Tämä opinnäytetyö suoritettiin Deltamarin Oy:n toimeksiantona, sillä yritys on harkitsemassa digitaalisen kaksosen laajentamista.

Tämä opinnäytetyö koostui kolmesta osiosta. Ensimmäinen osio oli digitaalisen kaksosen teoriaperusta. Teoriaperustassa kerrottiin muun muassa digitaalisen kaksosen käyttöesimerkeistä, toiminnasta, hyödyistä ja haasteista. Toisessa osiossa selvitettiin meriteollisuuden yrityksiä ja niiden eri digitaalisen kaksosen ratkaisuja, joita Deltamarin voisi mahdollisesti harkita käyttävänsä ja tehdä yhteistyötä valitun yrityksen kanssa. Kolmannessa osiossa muodostettiin ratkaisujen pohjalta vertailu. Se toteutettiin vertaamalla yritysten ratkaisuja, jotka olisivat parhaiten yhteensopivia Deltamarinille. Vertailussa yritysten ratkaisut sijoitettiin taulukkoon, jossa lueteltiin niiden hyvät ja huonot puolet.

Tälle opinnäytetyölle asetetut tavoitteet täyttyivät, sillä monia mahdollisia yhteensopivia ratkaisuja löytyi. Tuloksena saatiin selvitettyä yleinen kuva digitaalisesta kaksosesta, sen käytöstä eri aloilla sekä markkinoilla toimivista yrityksistä ja heidän ratkaisujensa ominaisuuksista. Lisäksi tarkasteltiin näiden ratkaisujen etuja, haasteita ja niiden mahdollista lisäarvoa meriteollisuuden alalla.

Asiasanat:

Digitaalinen kaksonen, vertailu, hyödyntäminen, meriteollisuus, laivasuunnittelu

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering | Naval Architecture and Marine Engineering

2023 | 58 pages

Hung Nguyen

## Utilizing a Digital Twin in Maritime Industry

- Digital twin in ship design

The main objective of this thesis was to find various solutions for utilizing digital twins in ship design and at the same time to inform about the technology in general and its use in the maritime industry. The company commissioning this thesis was Deltamarin Ltd, attempting to expand the use of the digital twin.

This thesis consisted of three sections. The first section was the theoretical basis of digital twin. The theoretical part explains topics such as usage examples, principle, advantages, and challenges of the digital twin. In the second section, maritime companies', and their different digital twin solutions that Deltamarin could possibly consider adopting or cooperating with a chosen company was clarified and listed. In the third section, comparison was made based on the solutions. It was done by comparing the solutions that would be the most compatible for Deltamarin. The comparison was made by placing the companies' solutions to a table, where their advantages and disadvantages were listed.

The objective of this thesis was met since many possible compatible solutions were found. As a result, the general understanding of the digital twin, its uses across various industries, the companies operating in the market, and the features of their solutions was clarified. Furthermore, the benefits, challenges, and potential value of these solutions for the maritime industry was examined.

Keywords:

Digital twin, advantages, comparison, maritime, ship design

# Sisältö

<b>Käytetyt lyhenteet tai sanasto</b>	<b>7</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>8</b>
1.1 Työn tausta ja tavoitteet	8
1.2 Yritysesittely	9
<b>2 Digitaalinen kaksonen</b>	<b>10</b>
2.1 Teollisuus 4.0	11
2.1.1 Digitaalinen kaksonen ja sen rooli Teollisuus 4.0:ssa	11
2.2 Digitaalisen kaksosen alkuperä	12
2.3 Digitaalisen kaksosen sovellukset, hyödyt ja tyypit	13
2.3.1 Sovellukset	14
2.3.2 Hyödyt	15
2.3.3 Tyypit ja niiden kehitysprosessi	16
2.3.4 Integraation taso	17
2.4 Digitaalinen kaksonen meriteollisuudessa	19
2.5 Digitaalinen kaksonen eri aloilla	21
2.6 Digitaalisen kaksosen käyttöönoton haasteet ja riskit	22
<b>3 Digitaalisen kaksosen sovelluksia</b>	<b>23</b>
3.1 Kongsberg Digital	23
3.1.1 Industrial Work Surface	23
3.1.2 Kognitwin	24
3.1.3 Vessel Insight	25
3.1.4 K-Sim Maritime Simulation	25
3.1.5 Sitecom	26
3.2 Kongsberg Maritime	26
3.2.1 DTW-Projekti	26
3.3 Wärtsilä Oy	27
3.3.1 Wärtsilä Operim	27
3.3.2 Wärtsilä Fleet Operations Solution	28

3.3.3 Simcenter	29
3.3.4 INTENS-hanke	29
3.4 Mevea Oy	30
3.4.1 Mevea Simulation Software	30
3.5 AVEVA Group Ltd	31
3.5.1 AVEVA Connect	32
3.5.2 Asset Information Management	32
3.5.3 AVEVA Data Hub	33
3.6 Aize	33
3.6.1 Digital Workspace	34
3.7 ABB Oy, Marine & Ports	34
3.7.1 ABB Ability™ Marine Fleet Intelligence – Advisory	34
3.7.2 ABB Ability™ Marine Remote Diagnostic System	35
3.7.3 ABB Ability™ Marine Pilot	36
3.7.4 ABB Ability™ OCTOPUS - Marine Advisory System	36
3.8 NAPA Oy	37
3.8.1 NAPA Fleet Intelligence	37
3.8.2 NAPA Steel	38
3.8.3 NAPA Loading Computer	38
3.8.4 NAPA Emergency Computer	38
3.9 BaseN Oy	39
3.9.1 BaseN Platform	40
3.10 Digibuzz-hanke	41
<b>4 Ratkaisujen vertailu</b>	<b>42</b>
4.1 Ratkaisun valinta	48
<b>5 Yhteenveto ja johtopäätös</b>	<b>50</b>
<b>Lähteet</b>	<b>52</b>

## Kuvat

Kuva 1. Digitaalisen kaksosen toimintamalli (Verma 2018).	10
Kuva 2. Tuotteen elinkaaren hallinnan (PLM) konseptimalli.	13
Kuva 3. Tiedon välittyminen digitaalisessa mallissa.	18
Kuva 4. Tiedon välittyminen digitaalisessa varjossa.	18
Kuva 5. Tiedon välittyminen digitaalisessa kaksosessa.	19
Kuva 6. Digitaalinen kaksosen sovelluksia laivasuunnittelussa. (Smogeli 2017, 5).	20
Kuva 7. Wärtsilä Operimin toimintamalli (Wärtsilä 2023b).	28
Kuva 8. Avevan Asset information managementin valikkonäkymä (Industrial Software 2023).	33
Kuva 9. RDS-ohjelman valikkonäkymä (Nowak & Parrondo 2017, 156).	36
Kuva 10. NAPA Emergency Computerin toimintonäkymä (NAPA 2023e).	39
Kuva 11. BaseN Platformin toimintaperiaate (BaseN Corporation 2023).	41

## Kuviot

Kuvio 1. Digitaalisen kaksoseen liittyviä julkaisuja vuoden 2015 ja 2023 välisenä aikana Google Scholar-, ScienceDirect- ja Turun AMK:n Finna-hakupalvelussa. .....	14
Kuvio 2. Kongsberg Digital sovellusten linkittyminen. ....	24

## Taulukot

Taulukko 1. Ratkaisujen vertailutaulukko.	43
-------------------------------------------	----

## Käytetyt lyhenteet tai sanasto

AI	Artificial Intelligence
AIM	Asset Information Management
CAE	Computer Aided Engineering
CFD	Computational Fluid Dynamics
CPS	Cyber-Physical Systems
DNV	Luokituslaitos Det Norske Veritas
DT	Digital Twin
DTI	Digital Twin Instance
DTP	Digital Twin Prototype
FEM	Finite Element Method
FOS	Fleet Operations Solution
GA	General Drawing
IIoT	Industrial Internet of Things
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performance Indicator
MFI	Marine Fleet Intelligence
PLM	Product Lifecycle Management
RDS	Remote Diagnostic Service
ROI	Return on Investment
SaaS	Software as a Service
VTT	Teknologian tutkimuskeskus

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Teknologia kehittyy maailmalla jatkuvasti kovaa vauhtia. Koska uudet ohjelmistot ja laitteistot korvaavat vanhat, voidaan olettaa, että yritysten tehokkuus paranee sekä kustannukset pienentyvät. Kilpailukyvyn ylläpitäminen on monelle yritykselle elintärkeää ja tämän seurauksena on pysyttävä mukana teknologian kehityksessä. Digitaalinen kaksonen ei ole terminä uusi, mutta se on alkanut vasta viime vuosina yleistymään teknologia- ja meriteollisuuden alalla sen potentiaalisten hyötyjen takia (Lind, Watson, Becha, Zuesongdham, Kouwenhoven & Baldauf, 4).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia digitaalista kaksosta ja selvittää, millä ratkaisuilla toimeksiantoyritys Deltamarin sekä myös meriteollisuuden ala voisi hyödyntää sitä. Tutkimus suoritetaan perehtymällä ensin digitaaliseen kaksoseen yleisellä tasolla, kuten sen ominaisuuksiin, historiaan, käyttökohteisiin, hyötyihin ja haasteisiin. Tämän jälkeen opinnäytetyössä tutkitaan markkinoilla olevia yrityksiä sekä heidän digitaalisen kaksosen ratkaisujen ominaisuuksia, jotka olisivat yhteensopivia meriteollisuuden alalle. Opinnäytetyön tarkoituksena on löytää paras mahdollinen digitaalisen kaksosen ratkaisu, joka vastaisi Deltamarinin vaatimuksia ja toiveita. Ratkaisujen valitsemiseksi laaditaan vertailutaulukko, johon listataan meriteollisuuden alalle yhteensopivimmat yritysten ratkaisut sekä niiden hyvät ja huonot puolet. Hyviä ja huonoja puolia tarkastellaan digitaalisen kaksosen ja sen meriteollisuuteen soveltuvuuden näkökulmista. Tämän lisäksi selvitetään yhteensopivan digitaalisen kaksosen ratkaisun valintakriteereitä, kuten mitä tekijöitä on otettava huomioon toimittajan ja heidän ratkaisunsa valinnassa.

Opinnäytetyössä käytetään kuvailevaa kirjallisuuskatsauksen tutkimusmenetelmää, jossa on integroiva yleiskatsaus toteuttamistapa. Menetelmässä on tarkoitus kertoa ja syventää aiempia tutkimuksia digitaalisesta kaksosesta, ja samalla etsiä uusia näkökulmia sen hyödyntämiseksi.

Opinnäytetyö tehdään Deltamarinin Turun toimiston runko-osaston toimeksiantona. Deltamarin on jo ottanut digitaalisen kaksosen käyttöönsä, ja he pyrkivät vielä laajentamaan sen käyttöä.

## 1.2 Yritysesittely

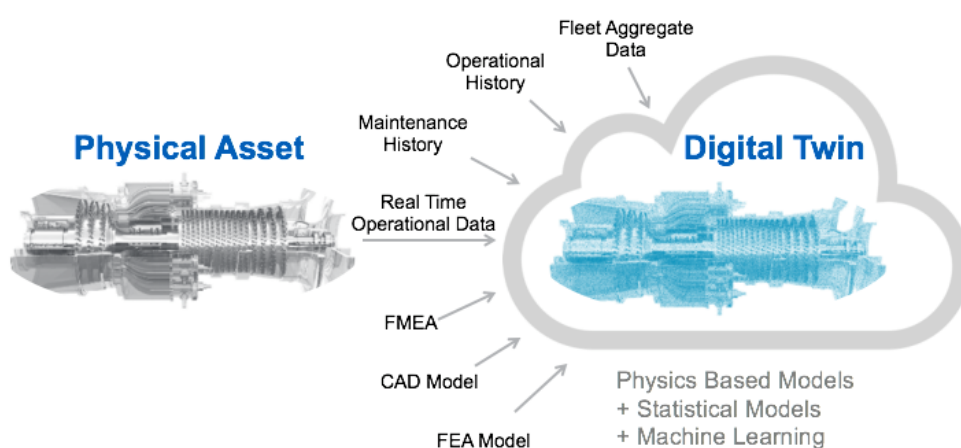
Deltamarin on vuonna 1990 perustettu meriteollisuuden insinööriyritys. Yrityksen ensimmäinen toimisto sijaitsi Raisiossa, joka oli siellä vuodesta 1990 vuoteen 2014 asti toiminnassa. Raisiosta Deltamarin muutti toimistonsa Turkuun, jossa sijaitsee nykypäivänäkin yrityksen päätoimisto. Turun toimiston lisäksi Deltamarinilla on Suomessa kaksi muuta toimistoa, jotka sijaisevat Raumalla ja Helsingissä. Ulkomailla yrityksellä on toimipisteitä Puolassa Gdanskissa, Kiinassa Shangaissa ja Kroatiassa. Toimipisteissä työskentelee noin 400 ammattilaista. (Deltamarin Intranet.)

Deltamarin Oy:n toimintaan kuuluu suunnittelu- ja konsultointipalveluita meriteollisuuden alalle. Yritys on erikoistunut suunnittelemaan kaiken tyyppisiä laivoja sekä offshore-aluksia. (Deltamarin Intranet.)

Deltamarin Oy:n omistaa 79,57 % Wing Hing Ship Investment Ltd (ennen tunnettu nimeltä AVIC International Maritime Holdings Limited), joka on osa Kiinan Merchants Groupia. Loput Deltamarinista omistaa aktiivinen johto DM Holding Ltd. (Deltamarin Intranet.)

## 2 Digitaalinen kaksonen

Digitaalinen kaksonen (engl. Digital Twin) viittaa virtuaaliseen kopioon fyysisestä olemuksesta, jotka ovat yhteydessä toisiinsa reaaliaikaisesti. Toisin sanoen digitaalisen kaksosen molemmat kopiot, eli sekä fyysinen että virtuaalinen kopia matkivat toisiaan reaaliajassa, ja kykenevät analysoimaan saatuja tietoja. Tämä mahdollistaa digitaalisen kaksosen ominaisuuksiin esim. reaaliaikaisen seurannan, järjestelmän optimoinnin, suunnitellun huollon sekä ylläpidon (Kuva 1). (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 2.)



Kuva 1. Digitaalisen kaksosen toimintamalli (Verma 2018).

Mahdollisuus kehittää Teollisuus 4.0 -teknologioita nousee esiin, kun tunnistetaan ja ymmärretään digitaalisen kaksosen potentiaali missä tahansa sektorissa. Teollisuus 4.0 käsitellään tarkemmin luvussa 2.1. Teollisuus 4.0 -teknologiat tarjoavat monia etuja simulointi- ja ennustekyvyyistä aina tietojen tallentamiseen ja ongelmien jäljittämiseen saakka. Teollisuus 4.0 -teknologioiden kehittäminen ilmenee myös, kun digitaalinen kaksonen valitaan oikein ja sovitetaan yhteen kyseisen sektorin tarpeiden kanssa. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 15.)

## 2.1 Teollisuus 4.0

Teollisuus 4.0 viittaa uuteen vaiheeseen teollisessa vallankumouksessa, joka keskittyy vahvasti yhdistettävyyteen, automaatioon, koneoppimiseen sekä reaaliaikaiseen dataan. Teollisuus 4.0:n teknologia sisältää muun muassa (Twinglobal 2023.):

- The internet of things (IoT)
- The industrial internet of things (IIoT)
- Cyber-physical systems (CPS)
- Smart manufacture
- Cloud computing
- Cognitive computing
- Artificial intelligence (AI)
- Big Data

Teollisuus 4.0 mahdollistaa digitaalisen muutoksen ja tarjoaa hajautetussa ympäristössä korkean saatavuuden, skaalautuvuuden ja luotettavuuden omaavia pyynnöistä saatavia palveluita. Se pyrkii muuttamaan valmistusprosessia luodakseen tulevaisuuden älykkäät tehtaat, jotka ovat luovempia, edullisempia ja kykenevät vastaamaan paremmin asiakasodotuksiin. (Aheleroff, Xu, Zhong & Lu 2021, 2.)

Teollisen IoT:n tarjoamaa yhdistettävyyttä, reaaliaikaista tiedonsaantia ja kyberfyysisten järjestelmien käyttöönottoa hyödyntävä Teollisuus 4.0 nostaa digitaalisen kehityksen painopisteen aiemmilta vuosikymmeniltä täysin uudelle tasolle (Digita 2023).

### 2.1.1 Digitaalinen kaksonen ja sen rooli Teollisuus 4.0:ssa

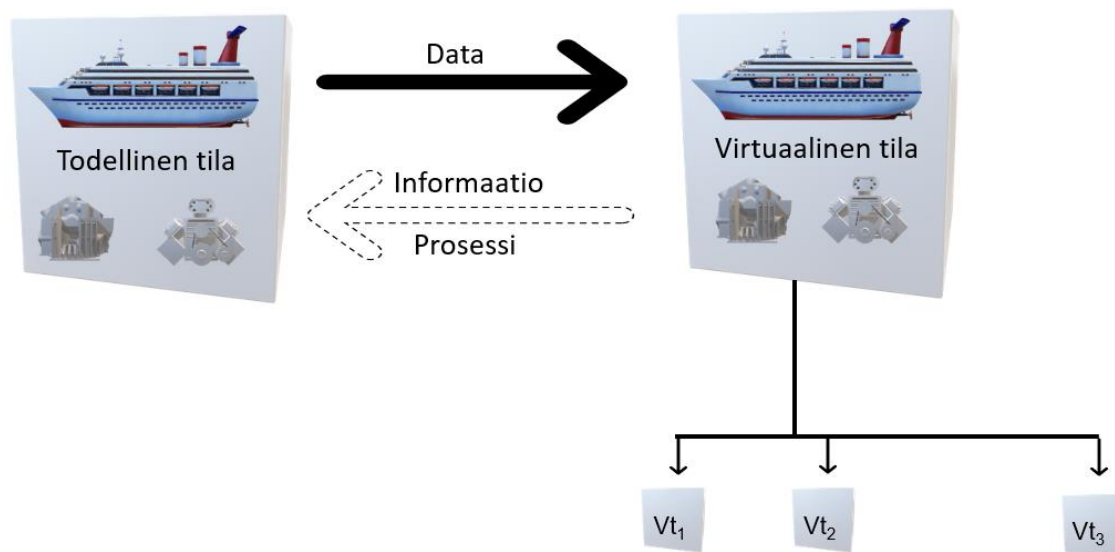
Digitaalinen kaksonen on yhteydessä, kuten aiemmin mainittiin luvussa 2 Teollisuus 4.0 -teknologioihin. Aheleroff, Xu, Zhong ja Lu (2021, 3) toteavat, että hyödyntämällä suurta dataa (Big Data) ja oppimalla siitä, digitaalinen kaksonen

Teollisuus 4.0:n yhteydessä kykenee laajentamaan volyymiaan ja monimuotoisuuttaan. Lisäksi digitaalinen kaksoinen pystyy hyödyntämään keskeisiä Teollisuus 4.0:n ominaisuuksia, kuten välitöntä palautetta ja ennustamista (Aheleroff, Xu, Zhong & Lu 2021, 3).

Digitaalisen kaksosen avulla voidaan luoda virtuaalisia versioita todellisista asennuksista, prosesseista ja sovelluksista. Näitä pystytään testaamaan perusteellisesti, jotta voidaan tehdä kustannustehokkaita hajautettuja päätöksiä, joissa päätökset jaetaan eri toimijoiden tai osapuolten kesken. Nämä virtuaaliset kopiot voidaan sitten luoda todellisessa maailmassa ja yhdistää esineiden internetin kautta (IoT), mikä mahdollistaa kyberfyysisten järjestelmien viestinnän ja yhteistyön ihmishenkilöstön kanssa. Tämä mahdollistaa myös reaaliaikaisen tiedonvaihdon ja automaatioprosessin Teollisuus 4.0:lle. Tähän automaatioon sisältyy prosessien välinen yhteys, tietojen avoimuus ja tekninen tuki hajautetuille päätöksille. Kaiken kaikkiaan tämä yhdistelmä mahdollistaa sekä digitaalisen muutoksen että automatisoidun ja autonomisen valmistuksen, jossa järjestelmien välinen yhteistyö on mahdollista. (Twi-global 2023.)

## 2.2 Digitaalisen kaksosen alkuperä

Digitaalisen kaksosen konsepti sai alkunsa vuonna 2002 Michiganin yliopistossa Yhdysvalloissa. Se sai alkunsa tuotteen elinkaaren hallinnasta (PLM), jonka oli esittänyt Michael Grieves. Grievesin esityksessä olevaa mallia (Kuva 2) kutsuttiin nimellä "Conceptual Ideal for PLM". Hänen ehdottamassaan mallissa oli kaikki digitaalisen kaksosen olennaiset elementit, mukaan lukien todellinen tila, virtuaalitila, yhteys todellisen tilan ja virtuaalisen tilan tietovirtoihin sekä päinvastoin, ja virtuaaliset alitilat. Tätä mallia kutsuttiin alun perin nimellä "Mirrored Spaces Model", mutta se nimitettiin uudelleen nimeksi "Information Mirroring Model" vuonna 2016. (Grieves 2016, 1-2.)



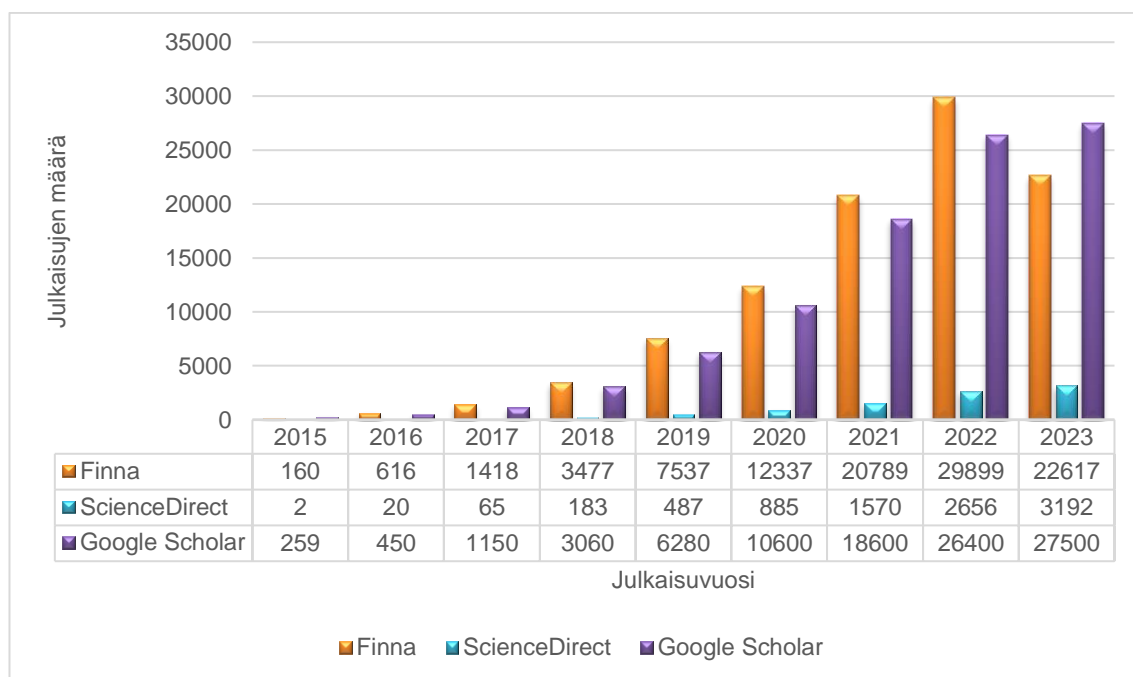
Kuva 2. Tuotteen elinkaaren hallinnan (PLM) konseptimalli.

Digitaalinen kaksonen oli alkuvaiheessa vuonna 2011 valtaosin NASA:n käytössä. Heidän tarkoituksenaan oli kehittää ja ylläpitää järjestelmiä, joita oli fyysisesti mahdotonta seurata. (Verma 2018.)

### 2.3 Digitaalisen kaksosen sovellukset, hyödyt ja tyypit

Digitaalinen kaksonen on viime vuosina yleistynyt maailmanlaajuisesti merkittäväksi teknologiaksi eri teollisuuden aloilla. Tutkijat alkoivat tutkia ja keskittyä entistä enemmän digitaaliseen kaksoseen sen tultua julki. Sen suosio on yleistynyt huomattavasti vuodesta 2016 alkaen, kuten nähdään kuviossa 1. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 5.) Kuviossa 1 voidaan havaita, että digitaaliseen kaksoseen liittyvien julkaisujen määrä on lisääntynyt vuosi vuodelta hakupalveluissa Google Scholar, Finna ja ScienceDirect. Määrä alkoi nousta merkittävästi erityisesti vuonna 2020, sillä tuolloin alkoi koronaviruksen aiheuttama pandemia. Pandemian aikana digitaalisen kaksosen käyttöönottoa alettiin kiihdyttää, sillä näkökulma tuotantoon ja ylläpitoon muuttui tuolloin (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 1).

Monet yritykset ovat ottaneet digitaalisen kaksosen jo käyttöönsä, ja monet yritykset ovat myös harkitsemassa sen käyttöönottoa. Sen käyttöönotto voi olla kuitenkin haastavaa, sillä se on vielä varhais- ja kehitysvaiheessa, eikä sitä vielä täysin ymmärretä. Jotta saataisiin paras mahdollinen hyöty digitaalisesta kaksosesta, on ymmärrettävä sen eri ominaisuuksia ja tyyppisiä (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 5).



Kuvio 1. Digitaalisen kaksosen liittyviä julkaisuja vuoden 2015 ja 2023 välisenä aikana Google Scholar-, ScienceDirect- ja Turun AMK:n Finna-hakupalvelussa.

### 2.3.1 Sovellukset

Digitaalisen kaksosen soveltaminen on laajentunut moniin eri aloihin, sillä sen hyödyt ovat varsin kannattavia. Sen käytöllä pystytään esimerkiksi lisäämään tuotteen tehokkuutta, parantamaan asiakaspalvelua ja jopa tekemään parempia operatiivisia ja strategisia päätöksiä. Alla on listattu olennaisia digitaalisen kaksosen sovellusaloja (Verma 2018.):

1. Tuotevalmistus
2. Meriteollisuus
3. Rakennusteollisuus
4. Suunnittelu
5. Ilmailuala
6. Autoteollisuus
7. Terveysthuolto

### 2.3.2 Hyödyt

Digitaalisen kaksosen hyötyjen vuoksi sitä pidetään Teollisuus 4.0:n keskeisenä osana. Sen avulla virheiden määrä, epäkohdat, tehottomuus ja kustannukset prosesseissa tai järjestelmissä vähenevät. Digitaalisen kaksosen simuloinnissa tuotteen testaus ja uudelleen suunnittelu virtuaalisesti ennen sen fyysistä rakentamista on mahdollista. Suunnittelu- ja analysointivaiheet lyhenevät, sillä simulaatio pystyy käymään erilaisia skenaarioita tuotteesta läpi. Tämä helpottaa ja nopeuttaa suunnittelua sekä koko tuotteen valmistusprosessia. Tuotteiden muokkaaminen asiakkaiden tarpeen mukaan on tällöin myös mahdollista. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 6.)

Digitaalisen kaksosen avulla voidaan ennakoida sen fyysisen kaksosen riskejä ja virheitä, mikä antaa tilaisuuden suunnitella järjestelmiä ilman mitään suurempia ongelmia. Sen avulla pystytään ennakoimaan virheitä tuotteen elinkaaren eri vaiheissa sen fyysisen mallin ja digitaalisen kaksosen välisen reaaliaikaisen tietovirtauksen ansiosta. Tämä on varsinkin erilaisille laitteistoille ja aluksille kannattavaa niiden monimutkaisuutensa takia. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 6.) Tätä hyötyä kutsutaan huollon ennakoinniksi (Predictive Maintenance).

Prototyyppien kokonaiskustannukset laskevat ajan myötä, sillä digitaalinen kaksonen käyttää luomisessaan vain virtuaalisia resursseja. Sen avulla ei tarvitse suunnitella moneen kertaan, ja tämä säästää sekä aikaa että kustannuksia. Sen avulla voidaan myös luoda tuotteita uudelleen ja viedä ne vahingollisiin testeihin

ilman mitään materiaalikustannuksia. Tämä vähentää jätteiden määrää sekä työvoiman käyttöä. Digitaalinen kaksosen voi siis vähentää operatiivisia kustannuksia ja pidentää tuotteiden elinkaarta. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 6-7.)

Digitaalisen kaksosen avulla pystytään ennakoimaan järjestelmässä tai valmistuslaitteistossa erilaisia virheitä ja vaurioita, mikä mahdollistaa jatkuvan hallinnan tuotteen huollon toimenpiteistä. Sen avulla voidaan simuloida erilaisia skenaarioita läpi tuotteesta, joiden tuloksena saadaan paras mahdollinen ratkaisu ja toimenpide tuotteen huollolle. Tämä tekee tuotteen huollosta sekä ylläpitämisestä helpomman. Jatkuva tiedonanto digitaalisen kaksosen ja sen fyysisen parin välillä auttaa järjestelmää myös optimoimaan tuotetta. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 7.)

Digitaalisen kaksosen avulla voidaan valvoa ja kontrolloida fyysisiä järjestelmiä kauko-ohjatusti. Pääsy virtuaaliseen järjestelmään etänä on myös mahdollista, ja lisäksi sen käyttöä voidaan myös jakaa. Etäkäyttö ja -valvonta tulevat hyötyyn varsinkin silloin, kun paikallinen pääsy on rajoitettu. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 7.)

Digitaalisen kaksosen avulla voidaan myös harjoitella turvallisesti virtuaalisessa tilassa, esimerkiksi kaivinkoneiden käytössä. Sen avulla voidaan vähentää vaaratilanteita ja fyysisten laitteiston rikkoutumista, mikä säästää kustannuksia. Tämä on hyödyllistä varsinkin uusille työntekijöille tai opiskelijoille, jotka kaipaavat harjoittelua, sillä tämä kehittää heidän itsevarmuuttaan todelliseen fyysiseen tilanteeseen. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 7.)

### 2.3.3 Tyypit ja niiden kehitysprosessi

Digitaalisella kaksosella on kahdenlaisia tyyppejä Grievesin ja Vickersin (2017, 94–95) mukaan. Nämä tyypit riippuvat digitaalisen kaksosen kehityksen ajankohdasta, eli milloin sitä on kehitetty sen elinkaaren aikana. Onko se esimerkiksi luotu ennen kuin prototyyppi on valmistettu, eli suunnitteluvaiheessa

vai silloin, kun prototyyppi on jo valmis, eli tuotantovaiheessa. Nämä kaksi tyyppiä ovat Digital Twin Prototype (DTP) ja Digital Twin Instance (DTI). (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 8.)

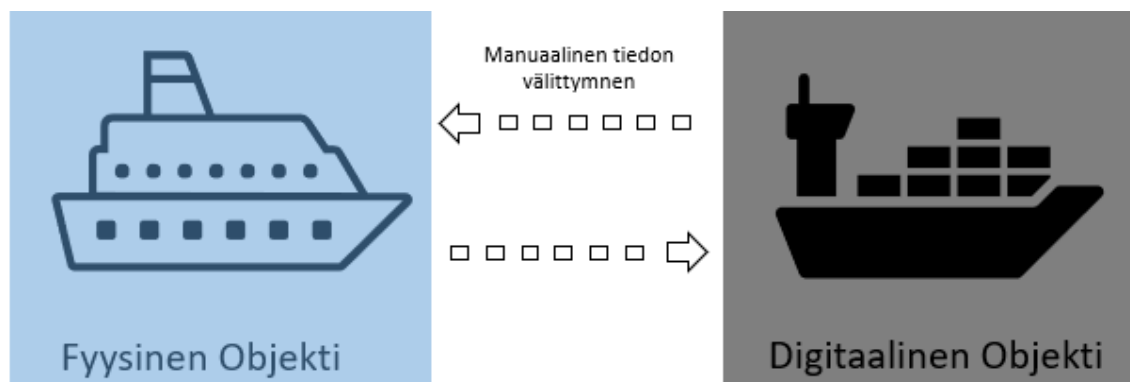
Digitaalisessa kaksoisprototyypissä, eli DTP:ssä digitaalisella kaksosella on valmiina tarvittavat tiedot prototyypin valmistukseen, jolla se pystyy luomaan fyysisen version virtuaalisesta prototyypistä. DTP:n luonti alkaa testeillä, joissa se käy läpi monta eri skenaariota. Näistä skenaarioista se valitsee parhaimman mahdollisen fyysisen prototyypin luomista varten. Testien avulla vältetään ja tunnistetaan myös ennalta arvaamattomia skenaarioita. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 8-9.)

Digital Twin Instance, eli DTI:ssä fyysinen malli on jo ennestään luotu. DTI:ssä digitaalinen kaksonen tulee tuotantovaiheessa mukaan. Tässä tyyppissä digitaalinen kaksonen on yhteydessä sen fyysiseen kaksoseen koko sen elinkaaren ajan. Fyysisen kaksosen tiedot siirretään ja yhdistetään virtuaalimaailmaan, jossa voidaan ennakoida ja seurata järjestelmän toimintaa. Tämän avulla voidaan nähdä, toteuttaako järjestelmä halutun toiminnan. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 9.)

#### 2.3.4 Integraation taso

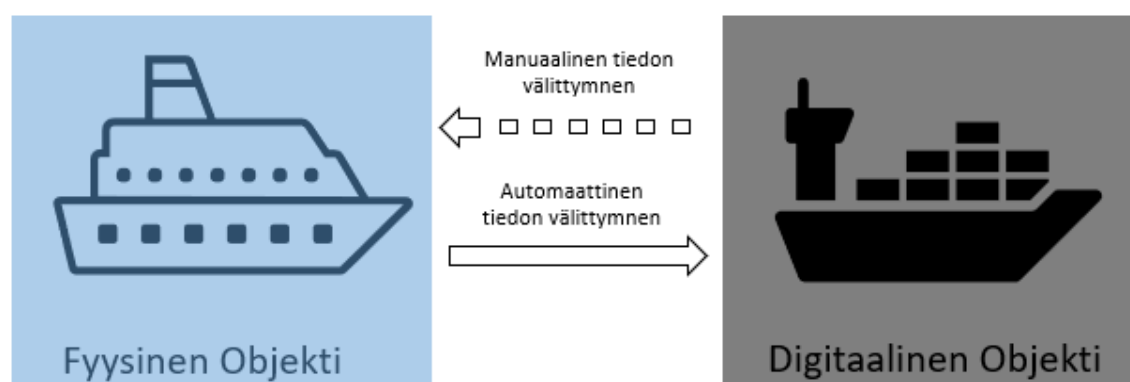
Kritzingerin (2022, 1017) mukaan digitaalisen kaksosen integraatiotaso jaetaan kolmeen alaluokkaan, jotka ovat Digital Model, Digital Shadow ja Digital Twin.

Digitaalisessa mallissa (engl. Digital Model) fyysisen ja digitaalisen kohteen välillä ei ole minkäänlaista automaattista tiedon välittymistä olemassa olevasta tai suunnitellusta fyysisestä kohteesta, kuten nähdään kuvassa 3. Digitaalista tietoa voidaan kuitenkin käyttää, mutta tiedon välittyminen kulkee manuaalisesti. (Kritzinger, Karner, Traar, Henjes, & Sihn 2018, 1017.)



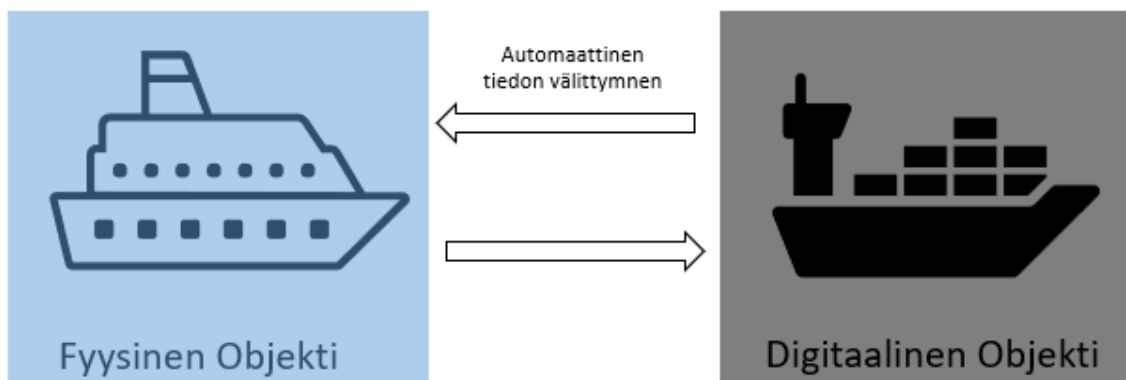
Kuva 3. Tiedon välittyminen digitaalisessa mallissa.

Digitalisessa varjossa (engl. Digital Shadow) tiedon välittyminen tapahtuu yksisuuntaisesti, eli fyysisestä objektista digitaaliseen (Kuva 4). Tiedon välittyminen digitaalisesta objektista fyysiseen onnistuu vain manuaalisesti. (Kritzinger, Karner, Traar, Henjes, & Sihm 2018, 1017.) Muutokset fyysisessä objektissa näkyvät digitaalisessa kopiassa, mutta ei toisinpäin (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 9).



Kuva 4. Tiedon välittyminen digitaalisessa varjossa.

Digitaalisessa kaksosessa molemmat objektit, eli fyysinen ja digitaalinen objekti ovat yhteydessä toistensa kanssa. Tiedon välittyminen tässä tapahtuu molempiin suuntiin. Tässä tapauksessa fyysiseen objektiin tulevia muutoksia välittyy tieto digitaaliseen, sekä myös toisinpäin. (Kritzinger, Karner, Traar, Henjes, & Sihm 2018, 1017.)



Kuva 5. Tiedon välittyminen digitaalisessa kaksosessa.

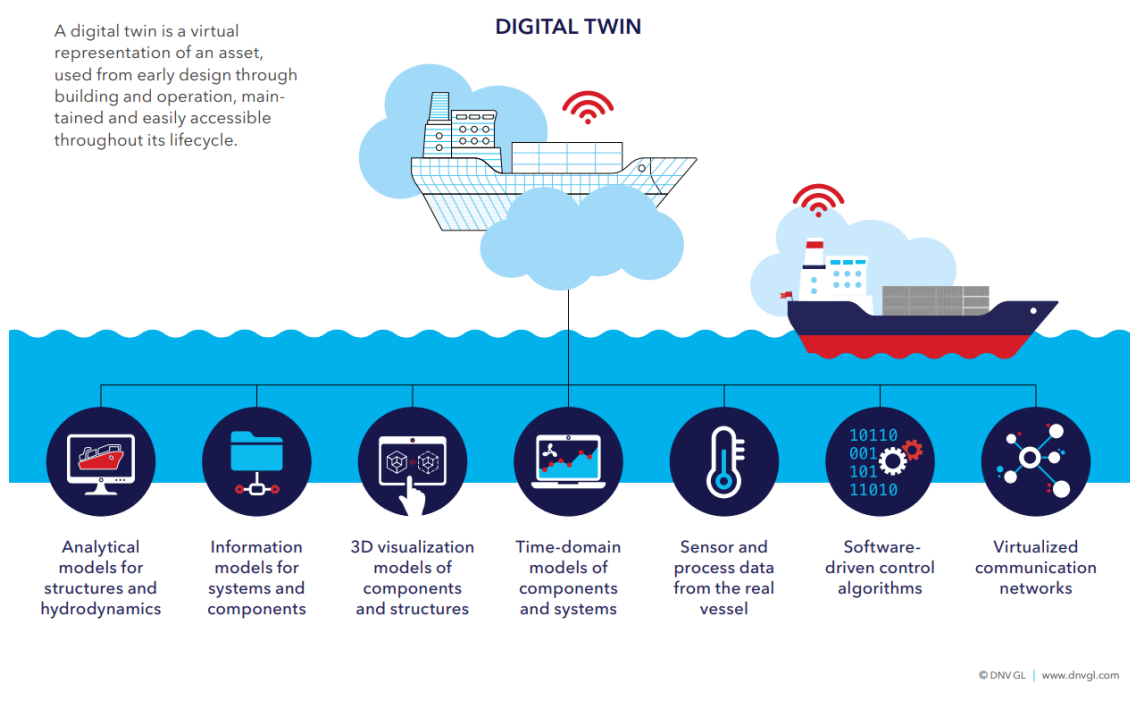
## 2.4 Digitaalinen kaksonen meriteollisuudessa

Digitaalinen kaksonen on nykypäivänä muilla aloilla laajasti käytössä (Käsitellään tarkemmin luvussa 2.5), jonka vuoksi se on saanut myös meriteollisuuden alaan vetoa. Meriteollisuudessa se on keskittynyt valtaosin ohjelmistopohjaisiin automaatio- ja ohjausjärjestelmiin. (Loh 2022.) Telakat meriteollisuudessa pyrkivät parantamaan kilpailukykyään vähentämällä toimitus- ja työvoimakustannuksia sekä rakentamiseen käytettyä aikaa. (Kunkera, Opetuk, Hadžić & Tošanović 2022, 3.)

Digitaalinen kaksonen voi auttaa käsittelemään järjestelmien kyberturvallisuusuhkia, kun kyberfyysiset ohjelmat ja yhteydet lisääntyvät. Teollisen internetin kautta (IIoT), yritysten tietotekniikka- ja operatiivisten järjestelmien altistuminen ulkoisille verkostoille ja laitteille kasvaa. (Smogeli 2017, 4.)

Digitaalisen kaksosen sovelluksiin kuuluu myös laivanohjausjärjestelmä. Digitaalisen kaksosen alukseen voidaan asentaa ohjausjärjestelmän ohjelmisto virtuaalista integraatiota, testausta ja validointia varten. Virtuaalinen alus on simulaattori, joka sisältää kaikki aluksella olevat koneistot, verkostot ja ohjausjärjestelmät (Kuva 6). Nämä kaikki ovat yhteydessä ja integroituna virtuaalitilaan, aivan kuten ne olisivat fyysisessä aluksessakin. Digitaalisen kaksosen kopio ohjausjärjestelmästä pystytään testaamaan simuloiduissa olosuhteissa, jotka vastaavat todellisia tilanteita. (Smogeli 2017, 5.) Vartdalin

(2017, 5) mukaan käyttämällä kyseistä ohjelmistoa elinkaaren ajan pyritään säästämään kustannuksia, ennaltaehkäisemään riskejä, parantamaan järjestelmien yhteentoimivuutta ja mahdollistamaan erinomaisen suorituskyvyn järjestelmissä. Tämän ohjelmiston lisäksi luokituslaitos DNV on tunnistanut laivan rungon, alusten komponenttien ja konejärjestelmien alueiksi, jossa digitaalista kaksosta voisi käyttää hyödyksi (Smogeli 2017, 5).



Kuva 6. Digitaalinen kaksosen sovelluksia laivasuunnittelussa. (Smogeli 2017, 5).

Digitaalisen kaksosen avulla yritykset saavat näkyvyyden heidän laivojen suorituskykyyn, mikä mahdollistaa etäisen vianmäärityksen, turvallisuuden parantamisen ja potentiaalisten vikojen tunnistamisen (Loh 2022). Tämä mahdollistaa laivojen suorituskyvyn optimoinnin ja parantamisen. (Luostarinen 2019).

Digitaalisen kaksosen avulla voidaan menneisyydestä, nykyisestä tai tulevaisuudesta perustuen suorittaa herkkyyksianalyysiä liiketoimitusten ennusteisiin. Se pystyy luomaan strategisen päätöksenteon perustan testaamalla erilaisia skenaarioita kauppamalleista ja laivastoista. Tämä on hyödyllistä varsinkin, kun merenkulun yritykset palvelevat yleensä useita asiakkaita samanaikaisesti, ja asiakkaat saattavat käyttää myös samanaikaisesti eri merenkulunyrityksiä. Näin ollen merenkulunyritysten on ylläpidettävä ja nostettava kilpailukykyään optimoimalla laivastonsa alusten ja niiden lastinkuljetuskapasiteetin suhteen. (Lind, Watson, Becha, Zuesongdham, Kouwenhoven & Baldauf, 4.) Tämä antaa päätöksentekijälle mahdollisuuden arvioida erilaisia vaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia ennen varsinaisia päätöksiä ajasta riippumatta, mikä auttaa yrityksiä tekemään parempia päätöksiä ja säästämään aikaa.

## 2.5 Digitaalinen kaksonen eri aloilla

Digitaalinen kaksonen on ollut laajasti käytössä, erityisesti ilmaliikenne- ja tuotantoaloilla. Se on myös koronaviruspandemian aikana saanut kysyntää terveydenhuollon ja lääketeollisuuden aloilla sekä muilla tuotannon aloilla. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 12.)

Energiatuotannon alan yritys General Electric (GE) on ottanut digitaalisen kaksosen ratkaisuihinsa reaaliaikaisen seurannan ja voimalaitosten toiminnan optimoinnin käyttöönsä (General Electric 2023). Autoteollisuudessa BMW on ottanut digitaalisen kaksosen käyttöönsä. Heidän ratkaisunsa mahdollistavat virtuaalisen suunnittelun, simuloinnin ja testaamisen autonvalmistusprosessissa. (NVIDIA 2021.) Lentokoneiteollisuudessa Airbus yritys on myös ottanut digitaalisen kaksosen käyttöönsä samoilla ratkaisuilla, kuin edellä mainittu BMW. Airbusin ratkaisu mahdollistaa virtuaalisen suunnittelun, simuloinnin ja testaamisen suunnitteluvaiheessa. (Airbus 2023.) Konecranes Oy on käyttänyt digitaalista kaksosta heidän teollisuuden nostolaitteidensa optimoinnissa. Heidän ratkaisunsa mahdollistavat reaaliaikaisen seurannan, ennakoivan kunnossapidon ja suorituskyvyn optimoinnin. (Konecranes 2019.)

## 2.6 Digitaalisen kaksosen käyttöönoton haasteet ja riskit

Digitaalisen kaksosen teknologia on vielä varhaisessa vaiheessa, ja sen takia sen todellinen potentiaali on vielä mysteeri. Voidaan olettaa, että se jatkaa kehittymistään sitä muodostavien teknologioiden kanssa. Sen muodostavia teknologioita ovat esineiden internet (IoT), teollisuuden internet (IIoT), tekoäly (AI), suuri datamäärä (Big Data), simulointi ja pilvipalvelut. Digitaalisen kaksosen odotetaan kasvattavan vuoteen 2026 mennessä maailmanlaajuista markkinointia 58 prosenttia. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 11.)

Vaikka digitaalinen kaksonen tuokin paljon hyötyjä, tulee sen mukana myös haasteita ja riskejä. Haasteet riippuvat digitaalisen kaksosen laajuudesta ja monimutkaisuudesta, mutta tämä on tunnettua, kun puhutaan teknologiasta. Haasteita voivat esimerkiksi olla kalliit sijoitukset, pätevien osaajien, sääntöjen ja määräyksien puute sekä tekniikkaan liittyvät komplikaatiot. Yksi suurimmista haasteista on kallis investointi, sillä jotta digitaalinen kaksonen toimisi täydellisesti ja virheettömästi, on sijoitettava parhaimpiin laitteistoihin, kuten antureihin ja ohjelmistoihin. (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 13-14.)

Mallintamisen näkökulmasta digitaalisen kaksosen tärkeimmät haasteet liittyvät avaruudelliseen ja ajalliseen tarkkuuteen, viiveisiin viestinnässä, suureen tiedonmäärään, suureen tiedon generointinopeuteen, tiedon monimuotoisuuteen, tiedon luotettavuuteen sekä nopeaan arkistointiin ja verkkopohjaiseen tiedonkäsittelyyn. Haasteisiin liittyy myös se, että vaikka taaksepäin yhteensopivuus säilytetäänkin, jos fyysinen omaisuus muuttuu ajan myötä, se edellyttää mallien vastaavaa muutosta. Lisäksi tarvitaan suurempaa avoimuutta ja tulkittavuutta päätöksille, jotka perustuvat digitaalisiin kaksosiin. Tämä johtuu siitä, että monet fyysiset kohteet, joihin digitaalisia kaksoisversioita harkitaan, vaativat korkean tason turvallisuutta. (Rasheed, San & Kvamsdal 2020, 21985.)

## 3 Digitaalisen kaksosen sovelluksia

Digitaalisen kaksosen sovelluksia on alettu hyödyntää monissa eri yrityksissä. Kuten aiemmin mainittiin luvussa 2.4, digitaalista kaksosta käytetään meriteollisuudessa pääasiassa ohjelmistopohjaisiin automaatio- ja ohjausjärjestelmiin. Meriteollisuuden näkökulmasta sen yleisimpiä ratkaisuja ovat erilaiset pilvipalvelut, joissa on erilaisia sovelluksia saatavilla. Nämä sovellukset voivat tarjota esimerkiksi yleiskatsauksen alusten tietoihin, antaa optimaalisia reittisuosituksia sään ja aaltojen kannalta, mahdollistaa tietojen keskitetyn saatavuuden sekä tarjota pääsyn tietoihin sijainnista ja ajankohdasta riippumatta. Pilvipalveluiden lisäksi meriteollisuuteen soveltuvia ratkaisuja voi olla myös virtuaalitodellisuus, rakennesuunnittelu, vakavuus- ja painonlaskenta sekä monia muitakin ratkaisuja.

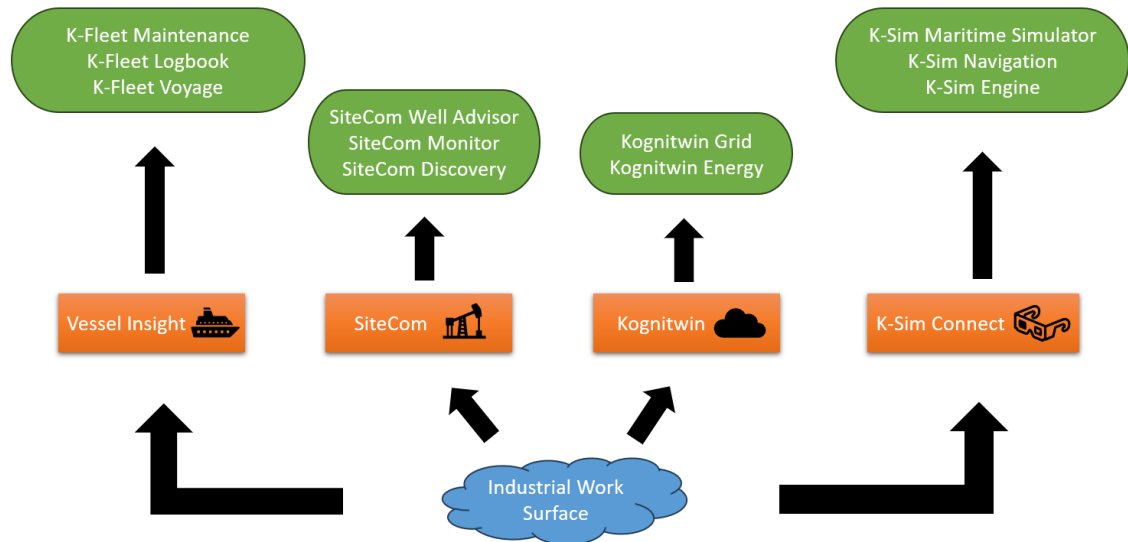
### 3.1 Kongsberg Digital

Kongsberg Digital on vuonna 2016 perustettu teknologiayritys, joka tarjoaa digitaalisia ratkaisuja ja palveluita. Yritys on erikoistunut tarjoamaan ratkaisujaan varsinkin prosessi-, energia-, meri-, öljy- ja kaasuteollisuudelle. Kongsberg Digitalin päätoimisto sijaitsee Norjassa, ja muut toimipisteet sijaitsevat Kanadassa, Yhdysvalloissa, Intiassa, Kreikassa ja Kiinassa. Kyseinen yritys työllistää yli 900 työntekijää maailmanlaajuisesti. (Kongsberg Digital 2023a.)

#### 3.1.1 Industrial Work Surface

Kongsberg Digitalin Industrial Work Surface teknologian tarkoituksena on yhdistää ja keskittää eri digitaalisten järjestelmien tiedot yhteen näkymään sekä vuorovaikutukseen. Se integroi yrityksen muut teknologiat digitaalisissa kaksosissa, simuloinnissa, datahallintainfrastruktuurissa ja koneoppimisessa luodakseen yhden käyttöliittymän käyttäjille projektien sekä tuotteiden elinkaaren hallintaan. Se hyödyntää tietoja yrityksen olemassa olevista sovelluksista, (Kuvio 1) ja tarjoaa saumattoman pääsyn niihin. Industrial Work Surfacen sovelluksista

kerrotaan lisää seuraavissa luvuissa. Höegh Autoliners oli viime vuonna ensimmäinen asiakas kyseiselle ratkaisulle. (O'Dwyer 2023.)



Kuvio 2. Kongsberg Digital sovellusten linkittyminen.

### 3.1.2 Kognitwin

Kognitwin on Kongsberg Digitalin digitaalinen kaksoisratkaisu, jota tarjotaan SaaS, eli ohjelmistopalveluna. Ohjelmisto on pilvipohjainen ratkaisu, joka antaa käyttäjille mahdollisuuden hallita, suunnitella, tehdä yhteistyötä ja suorittaa työnkulkua yhdessä näkymässä. Ohjelmisto pystyy yhdistämään tiedot erilaisista lähteistä ja formaateista, kuten taloustiedoista, työprosesseista ja dokumenteista, ja näin ollen ajan käyttäminen tiedon etsimiseen vähenee. Sen avulla voidaan esimerkiksi ennakoida huoltoa, antaa reaaliaikaista tilannetietoisuutta, parantaa laivan kunnonvalvontaa, tiedonjakamista ja yhteistyötä eri alusten sekä organisaatioiden välillä. Ohjelmassa käyttäjät pystyvät navigoimaan erilaisia laitteistoja ja sijainteja sekä mittaamaan 3D-näkymällä. Kognitwiniä voidaan käyttää myös missä tahansa sijainnista riippumatta. (Hansen 2022.)

### 3.1.3 Vessel Insight

Vessel Insight on Kongsberg Digitalin tarjoama ohjelma, joka mahdollistaa helpon ja nopean pääsyn alusten yleiskatsaukseen, aluskohtaisiin kojelautoihin ja analyysityökaluihin. Ohjelman avulla käyttäjä saa näkyvyyden alusten suorituskyvystä, jonka avulla voidaan optimoida polttoainekulutusta, tehokkuutta ja huoltoa. Ohjelma kerää, tallentaa ja analysoi tietoja reaaliajassa kustannustehokkaasti ja turvallisella tavalla. (Kongsberg Digital 2023b.)

### 3.1.4 K-Sim Maritime Simulation

K-Sim on Kongsberg Digitalin simulaattori- ja virtuaaliodellisuusratkaisu, joka mahdollistaa realistisen harjoitusympäristön luomisen, Industrial Work Surface -alustassa. Ratkaisu antaa turvallisen harjoitusympäristön virtuaalisessa simulaattorissa ammattilaisille ja opiskelijoille kehittää taitojaan ja harjoittelemaan vaikeita tilanteita. K-Sim mahdollistaa harjoituksen suorittamisen paikasta ja ajankohdasta riippumatta. Se on ollut laajasti käytössä, muun muassa erilaisissa yliopistoissa, meriteollisuudenakatemoissa, ammatillisissa oppilaitoksissa, merivoimissa, rannikkovartiostoissa sekä lennon, meriteollisuuden, offshore- ja kalastuksen aloilla. (Kongsberg Digital 2023c.)

K-Sim Maritime Simulationin pilvipohjaiset koulutussovellukset tarjotaan K-Sim Connectin alustassa. Sovelluksia ovat, muun muassa K-Sim Navigation -simulaattori, joka mahdollistaa realistisen navigoinnin harjoittelun, K-Sim Fishery -simulaattori kalastusalan koulutukseen ja K-Sim Engine -simulaattori, joka antaa näkymän sekä hallinnan konehuoneesta. Näiden lisäksi K-Sim Connectissa on vielä muita sovelluksia tai simulaattoreita, jotka parantavat meriteollisuuden toimintaa. (Kongsberg Digital 2023c.)

### 3.1.5 Sitecom

Sitecom on Kongsberg Digitalin kehittämä pilvialusta, joka mahdollistaa helpon yhteistyön ja tiedon jakamisen eri organisaatioiden sekä toimijoiden välillä. Sitecomin pilvialustassa kaikki tiedot projekteista ovat helposti saatavilla yhdessä paikassa, ja pääsy alustalle onnistuu missä tahansa puhelimen tai tietokoneen kautta. Tieto pilvialustassa välittyy reaaliaikaisesti, minkä avulla työn tehokkuus ja kommunikointi paranevat. Pilvialusta on kuitenkin tarkoitettu vain kaivo- ja porausoperaatioita varten. (Kongsberg Digital 2023d.)

### 3.2 Kongsberg Maritime

Kongsberg Maritime perustettiin vuonna 1814 Norjassa ja sen nykyinen päätoimisto sijaitsee edelleen siellä. Kyseinen yritys työllistää tällä hetkellä yli 7000 työntekijää. Yrityksellä on toiminnassa 117 toimistoa 34:ssä eri maassa. (Kongsberg Maritime 2023.)

Kongsberg Maritime tarjoaa korkealaatuisia teknologian järjestelmiä, laitteistoja ja palveluita meriteollisuuden alalle sekä sen operaatioille. Yritys tarjoaa ratkaisuja muun muassa offshore- ja tutkimusaluksille, rahti- ja matkustajalaivoille, kalastusaluksille sekä merivoimien aluksille. (Kongsberg Maritime 2023.) Yritys ei varsinaisesti tarjoa digitaalisen kaksosen ratkaisuja, sillä konserni, johon yritys kuuluu, tarjoaa ohjelmistoja ja digitaalisia ratkaisuja edellisessä luvussa mainitussa Kongsberg Digital yrityksessä.

#### 3.2.1 DTW-Projekti

Kongsberg Maritime on ottanut jo vuonna 2019 käyttöönsä ensimmäisen digitaalisen kaksosen projektinsa (DTW-projekti). Projekti kohdistui US 205-potkurilaitteeseen. Projektissa mitattiin validointiantureiden avulla dataa, joka mahdollisti algoritmien luomisen. Tiedonsiirtoon liittyviä kustannuksia voidaan pienentää, jos järjestelmä lähettää vain tietoja, jotka poikkeavat laitteen käytön

perusteella luodusta trendihistoriasta. Yrityksen DTW-projektien tarkoitus on tuotteistaa asiakkaille mahdollisimman edullinen ja luotettava kunnonvalvontajärjestelmä. (Peltonen, J. haastattelu 2020.)

### 3.3 Wärtsilä Oy

Wärtsilä on maailmanlaajuinen johtava suomalainen meri- ja energiateollisuuden yritys, joka tuottaa huipputeknologiaan perustuvia elinkaariratkaisuja. Yritys työllistää yli 17500 ammattilaista 240:ssa eri toimipisteessä ja 79:ssa eri maassa. Sen liikevaihto oli vuonna 2022 yli 5,8 miljardia euroa. Wärtsilän tavoitteena on tarjota kestäviä, luotettavia ja älykkäitä ratkaisuja eri teollisuudenaloille. (Wärtsilä 2023a.)

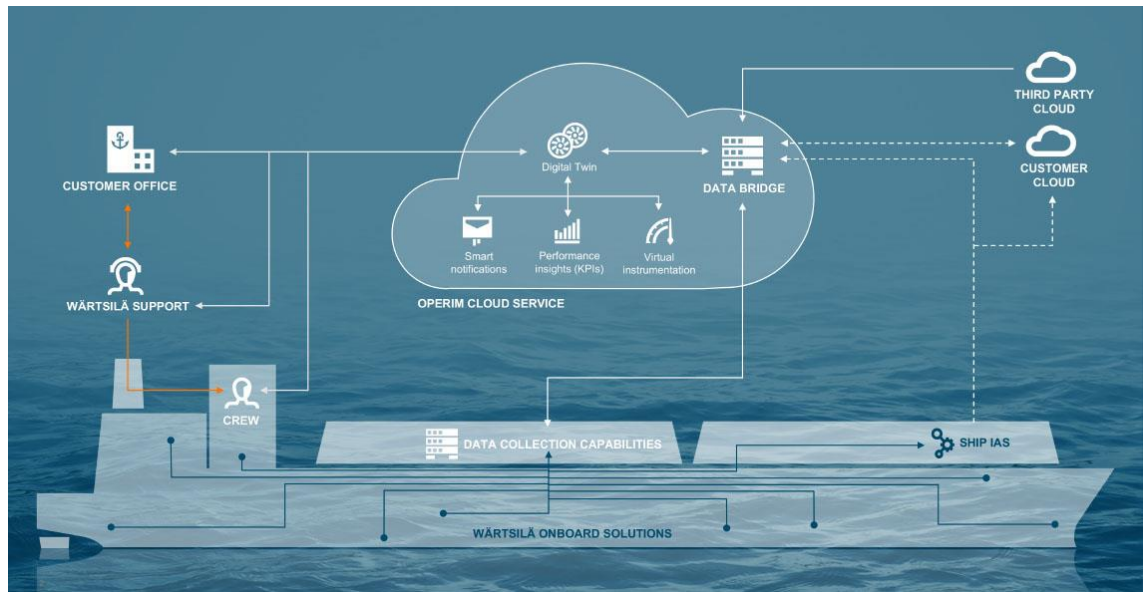
Wärtsilä Oy toimii laajasti monilla teollisuudenaloilla. Yrityksellä on tällä hetkellä kolme liiketoiminta-aluetta, jotka ovat energia- (Wärtsilä Energy), meriteollisuuden- (Wärtsilä Marine Power's, Wärtsilä Marine Systems ja Wärtsilä Voyage) ja teknologia- ja konsultointiliiketoiminta. Yritys tunnetaan parhaiten heidän valmistamien laivamoottorien, koneistojen ja laitteistojen ansiosta. (Wärtsilä 2023a.)

#### 3.3.1 Wärtsilä Operim

Wärtsilän Operim, eli Operational Performance Improvement & Monitoring on Wärtsilän kehittämä digitaalinen kaksonen pilvipalvelu, joka tarjoaa omistajille ja operaattoreille reaaliaikaista tietoa heidän tuotteistaan sekä palveluistaan aluksella (Kuva 7). Operim mahdollistaa alusten sekä niiden laitteiston jatkuvan optimaalisen toiminnan kaikissa tilanteissa, myös esimerkiksi meri- ja sääolosuhteiden vaihtuessa. Lisäksi se mahdollistaa ennakoivalla tavalla manuaalisen tai automaattisen päätöksenteon reaaliajassa. (Wärtsilä 2023b.)

Operim on tällä hetkellä saatavilla vain LNG- ja LPG-säiliöaluksille Wärtsilän gas portfolioissa. Ratkaisu tulee myöhemmin myös biokaasun ja veden- sekä

jätteiden käsittelylle. Tavoitteena on saada Operim ratkaisu lisättyä ja integroitua kaikkiin Wärtsilän tuotteisiin ja palveluihin. (Wärtsilä 2023b.)



Kuva 7. Wärtsilä Operimin toimintamalli (Wärtsilä 2023b).

### 3.3.2 Wärtsilä Fleet Operations Solution

Fleet Operations Solution, eli FOS on Wärtsilän pilvipohjainen ratkaisu. Sen tarkoituksena on tuoda turvallisuutta, nostaa alusten tehokkuutta ja parantaa työnkulkua. Se yhdistää kaikki alusten navigointiprosessit sekä matkatiedot yhteen alustaan, mikä helpottaa tiedonjakamista ja etsimistä. FOS sovellusten avulla voidaan päästä käsiksi, esimerkiksi operoitaviin tietoihin paikasta riippumatta, valita paras mahdollinen reitti sääolosuhteiden mukaan, seurata aluksia reaaliajassa, saada tietoja aluksista sekä ajan tasalla olevista reiteistä ja matkatiedoista. Näitä sovelluksia ovat Advanced Intelligent Routing, Advanced Data Delivery, Advanced Intelligent Diagnostics, Advanced Remote Maintenance, Advanced Intelligent Maneuvering ja Advanced Remote Training for Seafarers. (Wärtsilä 2018.)

### 3.3.3 Simcenter

Simcenter on Siemens yrityksen tarjoama ohjelmistoratkaisu, joka yhdistää testauksen ja järjestelmäsimuloinnin, 3D CAE, CFD sekä suunnittelutilan tutkimisen insinöörisovelluksiin. Ohjelman tavoitteena on auttaa tuotantoyrityksiä suunnittelemaan tuotteita käyttämällä digitaalista kaksosta lähestymistapaa. (Siemens 2023a.)

Wärtsilä propulsio käyttää kyseistä Siemensin tarjoamaa ratkaisua potkureihinsa. Wärtsilä propulsio käyttävät Simcenterin digitaalista kaksosta luodakseen polttoainetehokkaan potkurin mallin. He pystyvät analysoimaan koko potkurin järjestelmän suorituskyvyn Simcenterin STAR-CCM+, Simcenter Amesim ja NX:n avulla, mikä vähentää polttoainekulutusta sekä potkurin virheitä testauksessa. (Siemens 2023b.)

Siemens on yritys, joka tarjoaa huipputeknologiaa, ratkaisuja ja asiantuntijapalveluita, keskittyen sekä teollisuuteen että kaupunkeihin ja niiden infrastruktuuriin. (Siemens 2023c.)

### 3.3.4 INTENS-hanke

INTENS-hanke on Vaasan yliopiston toteuttama ja Teknologian tutkimuskeskuksen VTT:n koordinoima hanke, jonka tavoitteena oli parantaa digitaalista muutosta ja integroida se merellisen klusterin arvoketjuun tutkimuksesta, ja kehityksestä tuotantoon, suunnitteluun ja laivojen käyttöön. Tutkimus tehtiin yritykselle Wärtsilä Oy. INTENS-hanketta toteutti Vaasan yliopiston lisäksi myös muita korkeakouluja, kuten Åbo Akademi, LUT- ja Aallon yliopisto. Korkeakoulujen lisäksi myös 14 muuta meriteollisuuden yritystä oli mukana projektissa. Projekti käynnistyi vuonna 2018 ja päättyi vuonna 2021. (Uwasa 2021.)

Vaasan Yliopiston tutkimus Wärtsilä Oy:lle osoitti, että digitaalisen kaksosen avulla voidaan optimoida laitteiston käyttöä ennen sen ajamista. Käytettäessä laitteistoa tuotetaan uutta tietoa malliin, joka parantaa tätä. Tässä tapauksessa

kokeellisen työn osuus vähenee, eli samalla myös kustannukset pienentyvät. Tutkimus osoitti myös, että digitaalisella kaksosella voidaan myös tarkastella moottorin päästöjä. (Luostarinen 2019.)

Seppo Niemi (2019) kertoo INTENS-hankkeen tutkimuksessa, että Vaasan yliopiston VEBIC-moottorilaboratorio muodostaisi erinomaisen alustan digitaalisen kaksosen rakentamiselle, kokeilulle ja kehittämiselle. Tutkimus kertoo, että digitaalisella kaksosella pystytään vähentämään laivaliikenteen päästöjä ja parantamaan energiatehokkuutta, jolla päästään energiatehokkaampaan tulevaisuuteen. (Luostarinen 2019.)

### 3.4 Mevea Oy

Mevea Oy on vuonna 2005 perustettu suomalainen teknologia-alan yritys, joka tarjoaa reaaliaikaisia simulaatiotuotteita ja -ohjelmia sekä muita digitaalisen kaksosen ratkaisuja. Yritys on tällä hetkellä tuottanut yli 100 simulaattorimallia yli 50:lle asiakkaalle maailmanlaajuisesti. Yrityksen päätoimisto sijaitsee Lappeenrannassa. Heidän tavoitteenaan on parantaa asiakkaiden toimintaa vähentämällä riskejä, säästämällä kustannuksia ja edistämällä kestäväää kehitystä ratkaisujensa avulla. (Mevae 2023a.)

#### 3.4.1 Mevea Simulation Software

Mevaan digitaalisen kaksosen ratkaisu tarjoaa simulaatioalustan ja virtuaalitodellisuusratkaisun. Virtuaalitodellisuusratkaisun avulla käyttäjä voi kokea erilaisten laitteiden ja koneiden toimintaa realistisesti sekä vuorovaikutteisesti virtuaalisessa ympäristössä. Simulaattori ei ole yhteydessä todellisen tilan tuotteeseen, mutta se mahdollistaa käyttäjilleen koulutuksen ja kokeilun turvallisessa ympäristössä, missä he voivat harjoitella haastavia työtehtäviä sekä kokeilla erilaisia skenaarioita. Tämä ratkaisu vähentää riskejä ja kustannuksia. (Mevae 2023b.)

Mevea Simulation Softwareen sisältyy kolme työkalua, joita ovat Mevea Modeller, Mevea I/O Toolbox ja Mevea Solver. Mevea Modellerissa voidaan luoda ja muokata virtuaalikoneen malleja ja ympäristöjä, toisin sanoen suunnitella mekaniikkaa, hydraulikkaa ja voimansiirtoa samalla alustalla. Mevea I/O Toolbox mahdollistaa ulkoisten järjestelmien yhdistämisen simulaatioon. Mevea Solverissa voidaan ajaa malleja reaaliajassa ja analysoida tuloksia omien parametrien mukaan. Mevea tarjoaa ratkaisun myös tuotekehitykselle. Se mahdollistaa virtuaalisen prototyypin ja digitaalisen kaksosen rakentamisen, joka kykenee simuloimaan tuotteiden käyttäytymistä ja käyttöä reaaliajassa (Mevae 2023c).

Mevea Simulation Software on suunniteltu monelle eri teollisuudenalalle, kuten kaivos-, metsäteollisuus-, logistiikka-, koulutus-, meriteollisuuden- ja rakennusala. Mevealla on tällä hetkellä harjoitussimulaattoreita satama-, rakennus- ja kaivoslaitteistolle. (Mevae 2023b.)

### 3.5 AVEVA Group Ltd

AVEVA Group on maailmanjohtava englantilainen tietotekniikan konsulttiyritys. Yritys perustettiin vuonna 1967 Englannin Cambridgessa, missä yrityksen päätoimisto sijaitsee myös nykypäivänä. Yritys työllistää tällä hetkellä yli 6500 työntekijää. Yrityksen palveluita käyttää tällä hetkellä yli 20 000 yritystä yli 100:ssa eri maassa. (AVEVA 2023a.)

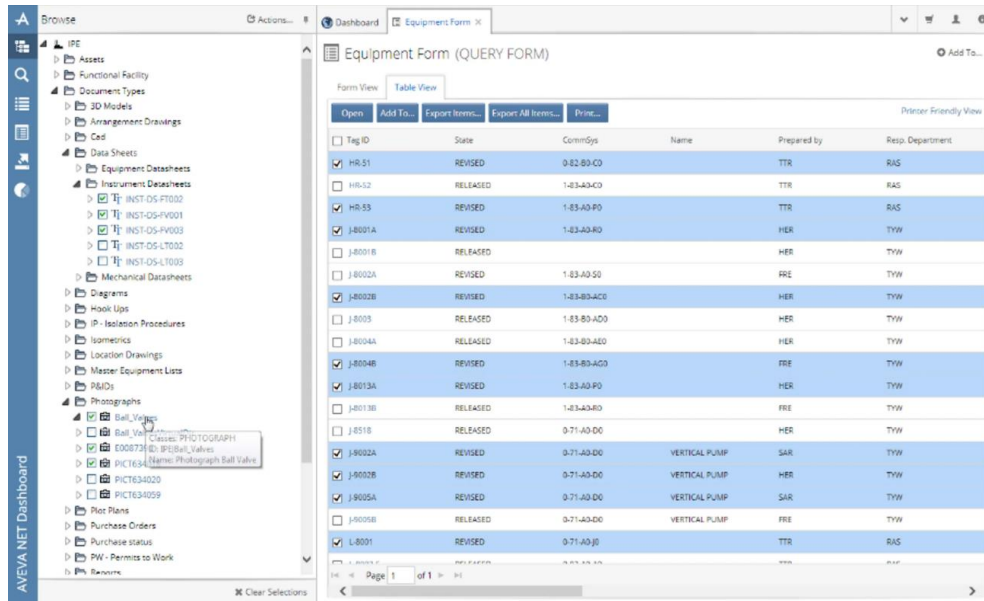
Aveva tarjoaa erilaisia sovelluksia ja ohjelmia, joita asiakasyritykset pystyvät hyödyntämään sekä parantamaan yhteistyötä kumppaneiden ja toimittajien kanssa. Yritys tarjoaa yli 200 eri ohjelmiston ja palveluiden ratkaisua monelle eri osa-alueelle, kuten suunnitteluun, operaatioon, tiedonhallintaan, digitaaliseen muunnokseen ja pilvipalveluun. (AVEVA 2023a.)

### 3.5.1 AVEVA Connect

Aveva Connect on yrityksen kehittämä pilvialusta, joka yhdistää toiminnan, suunnittelun ja tiedonhallinnan yhtenäiseksi ratkaisuksi. Pilvialusta mahdollistaa Avevan portfolioon pääsyn yhdellä liitännällä pilvi- ja paikallissovelluksen kautta. Pilvialustaan kuuluu useita sovelluksia, joista kerrotaan tarkemmin opinnäytetyön seuraavissa luvuissa. Aveva Connect parantaa suunnittelun tehokkuutta, tiedonhakua ja -jakoa, sekä mahdollistaa sujuvamman yhteistyön eri organisaatioiden ja tiimien välillä. Pilvialustan käyttöönotto on helppoa ja se on myös turvallinen, sillä se takaa 99% käytettävyyden ja ilmoittaa palveluiden tilasta. Aveva Connect auttaa asiakkaitaan saavuttamaan nopeammin digitaalisen muutoksen, pienentämään kustannuksia ja optimoimaan mittakaavassa. (AVEVA 2023c.)

### 3.5.2 Asset Information Management

Asset information management, eli AIM on Avevan kehittämä digitaalisen kaksoisen ratkaisu tiedonhallintaan. AIM auttaa organisaatioita optimoimaan ja hallitsemaan tietoja koko organisaation elinkaaren ajan. Se tehostaa päätöksentekoa ja mahdollistaa nopean pääsyn luotettaviin tietoihin. Ohjelma muuntaa tiedot monesta eri lähteestä ja järjestelmistä luotettavaan sekä käyttökelpoiseen muotoon. AIM pystyy tunnistamaan ja muuntamaan jopa monimutkaisimmatkin 3D-mallit, piirustukset, dokumentit sekä erilaiset tietojen formaatit. Lisäksi se tehostaa tiimien ja organisaatioiden yhteistyötä antaen tarkempaa ja ajankohtaista tietoa. (AVEVA 2023b, 2-3.) Alla on esimerkkikuva AIM-ohjelmiston valikkonäkymästä, jossa näkyy erilaisia kansioita ja tiedostoja vasemmalla, jotka ovat saatavilla yhdessä paikassa (Kuva 8). AIM mahdollistaa myös yrityksille projektien aikataulujen pitämisen ja turvallisuuden, toiminnan sekä suorituskyvyn että tehokkuuden parantamisen (AVEVA 2023b, 4). AIM on saatavilla Aveva Connectin pilvialustassa.



Kuva 8. Avevan Asset information managementin valikkonäkymä (Industrial Software 2023).

### 3.5.3 AVEVA Data Hub

Avevan kehittämä Data Hub on pilvipohjainen ratkaisu, joka mahdollistaa reaaliaikaisen datan jakamisen ja yhteistyön pilvialustassa. Data Hub on ohjelmisto, joka tarjotaan pilvipalveluna. Käyttäjät pääsevät ohjelmistossa sovelluksiin ja tietoihin mistä tahansa sijainnista. Ohjelmisto tarjoaa keskitetyn näkökulman tietoturvaan ja tiedonhallintaan. Se tarjoaa työkaluja luotettavaan tietojen seurantaan ja jakamiseen samalla, kun se turvaa tärkeitä operatiivisia tietoja. (AVEVA 2022.) Data Hub on saatavilla Avevan Connect pilvialustassa lisäsovelluksena.

### 3.6 Aize

Aize on vuonna 2020 perustettu ohjelmistokehitysalan yritys. Yritys kehittää digitaalisen kaksosen ratkaisua, joka nopeuttaa digitaalista siirtymistä. Yritys on uusi, mutta siellä on kuitenkin 30 vuotta kokemusta ohjelmistojen kehityksestä, sillä se on osa Norjalaista Aker Groupin -yritystä. Yrityksen päätoimisto sijaitsee Norjassa ja muut toimipisteet sijaitsevat Englannissa ja Yhdysvalloissa.

Toimipisteissä työskentelee tällä hetkellä 201-500 työntekijää yhteensä. (Aize 2023a.)

### 3.6.1 Digital Workspace

Aize on kehittänyt oman ratkaisunsa luomalla oman digitaalisen työtilansa (Digital Workspace). Aizen työtilassa käyttäjä pystyy kokoamaan tietoja useasta lähteestä yhteen, jossa niitä voi nähdä ja tarkastella eri näkökulmista. Aizen digitaalinen työtila tarjoaa monia eri ominaisuuksia, kuten omaisuuden visualisointia, tiedon navigointia, yhteistyötä tarkoituksenmukaisesti, erikoistyökalujen optimointia sekä kolmannen osapuolen järjestelmien integrointia. (Aize 2023b.)

### 3.7 ABB Oy, Marine & Ports

ABB:n Marine and Ports on johtava maailmainlaajuinen teknologiayritys, joka tarjoaa sähköistyksen ja automaation ratkaisuja meriteollisuuden alalle. Kyseinen yritys työllistää yli 1700 työntekijää 20 eri maassa (ABB 2023a.) ABB:n Marine and Ports on vain yksi ABB:n liiketoimintalinjoista. ABB:llä on laajasti ja monipuolisesti erilaisia liiketoimintalinjoja ja ratkaisuja eri aloilla, kuten sähköistys, liikkeenohjaus, prosessiautomaatio ja robotiikka. (ABB 2023b.)

ABB:n Marine and Ports kehittää sähköistyksen ja automaation ratkaisuja meriteollisuuden pariin Helsingin Vuosaarella ja Haminassa. Yritys on kehittänyt esimerkiksi sähköisen Azipod-propulsiojärjestelmän, joka edistää monien eri alusten polttoainetaloudellisuutta. (ABB 2023a.)

#### 3.7.1 ABB Ability™ Marine Fleet Intelligence – Advisory

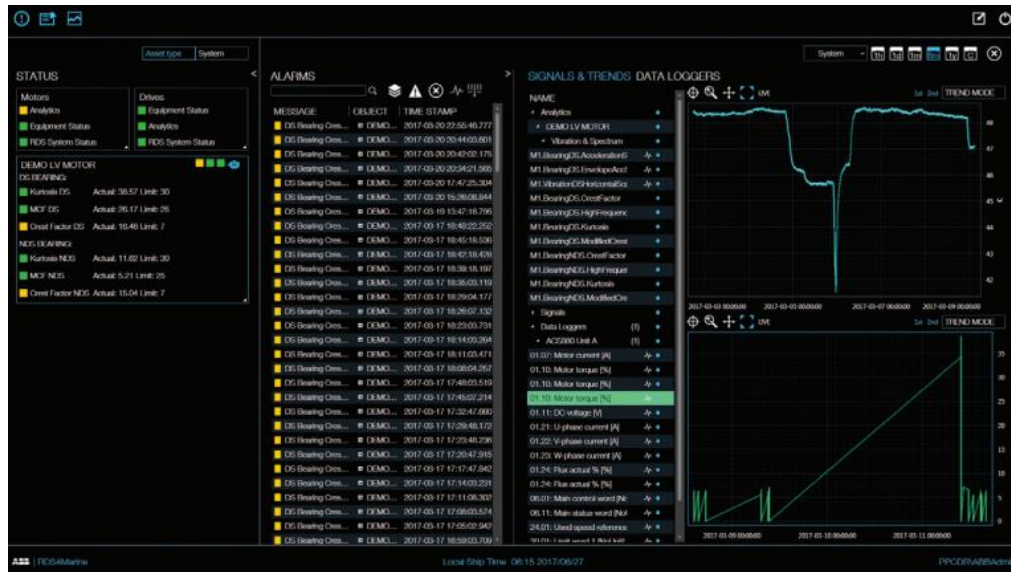
Marine Fleet Intelligence, eli MFI on ABB:n kehittämä online-alusta, joka perustuu Microsoftin Azuresta ja integroituun POWER BI -analytiikkaan. MFI mahdollistaa operatiivisten alustietojen, KPI-hallintapaneelien ja raportointitoimintojen

avulla tietojen saamisen sekä onshore- että alusten asiakkaille. Tämä mahdollistaa käyttäjille pääsyn aluksen polttoaineen, energian, käytettävyyden, teknisen kunnon ja turvallisuuden tietoihin. (ABB 2023c.)

Marine Fleet Intelligence tarjotaan asiakkaille SaaS-palveluna, eli ohjelmistopalveluna. Se pystyy keräämään tietoa useista eri alusten järjestelmistä ja tarjoaa täydellisen yleiskatsauksen laivan järjestelmien tiedoista. Tämän avulla voidaan myös verrata aluksen suorituskykyä muiden alusten kanssa. (ABB 2023c.) MFI-ratkaisu tarjoaa asiakkaille etuja, kuten polttoainetehokkuutta, kestävyttä, saatavuutta, turvallisuutta sekä vaatimustenmukaisuutta (MFI 2021).

### 3.7.2 ABB Ability™ Marine Remote Diagnostic System

Marine Remote diagnostic System Release (RDS) on ABB:n kehittämä digitaalisen kaksosen ohjelmistoratkaisu, joka mahdollistaa etävalvonnan sekä alusten järjestelmien että laitteiden etädiagnostiikan meriteollisuuden alalla. Ohjelmisto analysoi reaaliajassa ja tunnistaa mahdolliset viat keräämällä jatkuvasti tietoa järjestelmien sekä laitteiden suorituskyvystä sekä tilasta. Se tarjoaa käyttäjille paremman näkymän laitteiden tilasta (Kuva 9) ja toteutuksen asioista, jotka parantavat alusten turvallisuutta, tehokkuutta ja suorituskykyä. RDS:llä on myös ympärivuorokautinen tekninen tukipalvelu saatavilla, mikäli asiakas tarvitsee pääsyn Fleet Intelligence -ohjelmaan. (ABB 2023e.)



Kuva 9. RDS-ohjelman valikkonäkymä (Nowak & Parrondo 2017, 156).

### 3.7.3 ABB Ability™ Marine Pilot

ABB:n kehittämä Marine Pilot tarjoaa työkaluja ja toimintoja, jotka parantavat miehistön tilannetietoisuutta (Marine Pilot Vision) ja toiminnanohjausta (Marine Pilot Control) sekä onshoresta että offshoresta (ABB 2023d).

### 3.7.4 ABB Ability™ OCTOPUS - Marine Advisory System

ABB:n kehittämä OCTOPUS-ohjelma on suunniteltu tarjoamaan meriteollisuuden toimialoille operatiivista tukea. Ohjelma tarjoaa reittioptimointia, reaaliaikaista säätietoa ja energiatehokkuusneuvontaa aluksille. Asiakkaat voivat kirjautua Marine Fleet Portal -ohjelmaan maissa, missä he voivat seurata matkan tilannetta ja aluksen liikkeitä. (OCTOPUS 2021.)

OCTOPUS-ohjelma käyttää ennustavaa analytiikkaa ja tekoälyä, minkä avulla se pystyy tarjoamaan aluksille tarkkoja säätietoja, kuten tietoa aallokoista, virtauksista ja tuulen nopeudesta. Se pystyy myös minimoimaan alusten energiankulutusta ja päästöjä suosittamalla optimaalisia reittejä ja ennustamalla polttoaineen kulutusta. Ohjelma antaa myös optimaalisen trimin

kaikissa operoivissa olosuhteissa, mikä vähentää potkurin energiakulutusta. Lisäksi se pystyy mittaamaan rungon ja potkurin likaantumista, mikä vaikuttaa aluksen etenemisnopeuteen. (ABB 2023f.)

### 3.8 NAPA Oy

NAPA on vuonna 1989 Suomessa perustettu tietotekniikan yritys, joka tarjoaa laivojen suunnittelu- ja operointiohjelmistoja meriteollisuuden aloille. Nykyisin yrityksen omistaa japanilainen NK-luokituslaitos. NAPA-ohjelmistoja käyttää kaiken kaikkiaan noin 400 yritystä ja organisaatiota yli 50 maassa. NAPA Group työllistää tällä hetkellä noin 200 työntekijää ympäri maailmaa. (NAPA 2023a.) Yrityksen päätoimisto sijaitsee Helsingissä. Lisäksi sillä on tällä hetkellä toimipisteitä Koreassa, Japanissa, Kiinassa, Singaporessa, Romaniassa, Saksassa, Kreikassa, Intiassa ja Yhdysvalloissa (NAPA 2023b.)

#### 3.8.1 NAPA Fleet Intelligence

Napa Fleet Intelligence on pilvipohjainen alusta, joka mahdollistaa tietojen keräämisen ja analysoinnin laivojen toiminnasta, suorituskyvystä, turvallisuudesta ja polttoaineen kulutuksesta reaaliajassa. Se myös valvoo ja optimoi alusten suorituskykyä, mikä tekee merenkulusta älykkäämmän, turvallisemman ja kestävämmän. Näiden avulla varustamot pystyvät optimoimaan laivojensa käyttöä, tekemään parempia päätöksiä operatiivisessa toiminnassa ja parantamaan polttoainetehokkuutta. Napa Fleet Intelligencen pilvialustaan kuuluu lukuisia moduuleja, jotka mahdollistavat nämä ominaisuudet. Moduuleja on esimerkiksi Fleet & Voyage Monitoring, jossa saadaan kokonaisvaltainen näkyvyys aluksesta, aluksen reiteistä, nopeudesta ja sääolosuhteista. Toinen moduuli on Napa Voyage Optimization, joka tehostaa operatiivista tehokkuutta optimoimalla alusten reittejä. (NAPA 2023c.)

Pilvialustaan kuuluu myös paljon muita moduuleja, jotka parantavat merenkulun toimintaa.

### 3.8.2 NAPA Steel

Napa Steel on Napan kehittämä ratkaisu, joka tarjoaa digitaalisen kaksosen ympäristön laivojen rakennesuunnitteluun. Sen avulla 3D-suunnittelukokemus on helpompaa, sillä se tarjoaa työkaluja mallin päivitykselle ja yksityiskohtaiselle mallintamiselle. Napa Steelin ominaisuuksiin kuuluu myös NAPA Drafting, jonka avulla piirustusten generointi 3D-mallista on tehokasta AutoCadiin integroitujen työkalujen ansiosta. Drafting-työkalun pääkäyttötarkoitus on kuitenkin luokituspiirustusten tuottaminen. Ohjelmalla voidaan tuottaa FEM-laskennassa käytettyä 3D-mallia, joka yhdistyy kaikkiin tärkeisiin sääntötarkistuspaketteihin. Se tarjoaa myös luotettavan numeerisen ulostulon, muun muassa lujuuden, painon ja painopisteen laskentaan, materiaaliluettelon, varhaisen tuotantokuormituksen sekä kustannusarvion. (NAPA 2023d.)

### 3.8.3 NAPA Loading Computer

NAPA Loading Computer on ohjelmistoratkaisu, joka auttaa optimoimaan eri alustyyppien vakavuutta ja lastinjakoa. Digitaalinen kaksonen tulee käyttöön eri lastaus- ja purkamisskenaarioiden optimaalisessa suunnittelussa, simuloinnissa ja analysoinnissa. Ohjelma valvoo jatkuvasti aluksien vakavuutta, lujuutta ja operatiivisia rajoja sekä antaa niistä varoituksia, mikäli rajat ylittyvät. Tämä takaa alusten turvallisuuden. Ohjelma on myös hyväksytty kaikissa luokitusyhteisössä. (NAPA 2023e.)

### 3.8.4 NAPA Emergency Computer

NAPA Emergency Computer on integroitu päätöksentukiratkaisun ohjelma, joka auttaa laivan miehistöä reagoimaan ja hallitsemaan hätätilanteita. Ratkaisu takaa turvallisuuden simuloimalla ja ennustamalla, kuinka laiva toimisi hätätilanteessa,

kuten kallistuu tai vuotaessa. Se valvoo jatkuvasti laivan aukinaisia vesitiiviitä ovia, vioittuneita sensoreita ja meren tilannetta. Laivan vuotaessa sensorit ilmoittavat ohjelmalle, joka arvioi tilanteen ja antaa vastatoimenpiteen. (NAPA 2023f.) Alla olevassa kuvassa (Kuva 10), havaitaan ohjelmassa vasemmalla vihreällä vesitiiviiden ovien haavoittuvuusmittari ja oikealla GA kuvassa nähdään ovien sijainnit. Havaitaan, että mittari on vihreällä, joka tarkoittaa ovien olevan täydellisessä kunnossa.



Kuva 10. NAPA Emergency Computerin toimintäkuvä (NAPA 2023e).

### 3.9 BaseN Oy

BaseN Oy on vuonna 2001 perustettu suomalainen yritys, jonka toimialoihin kuuluu ohjelmistojen suunnittelu ja valmistus. Sen päätoimisto sijaitsee tällä hetkellä Helsingissä. Yritys työllisti vuonna 2021 yhteensä 19 työntekijää ja liikevaihto oli tuolloin 2,3 miljoonaa euroa. (Asiakastieto 2021.)

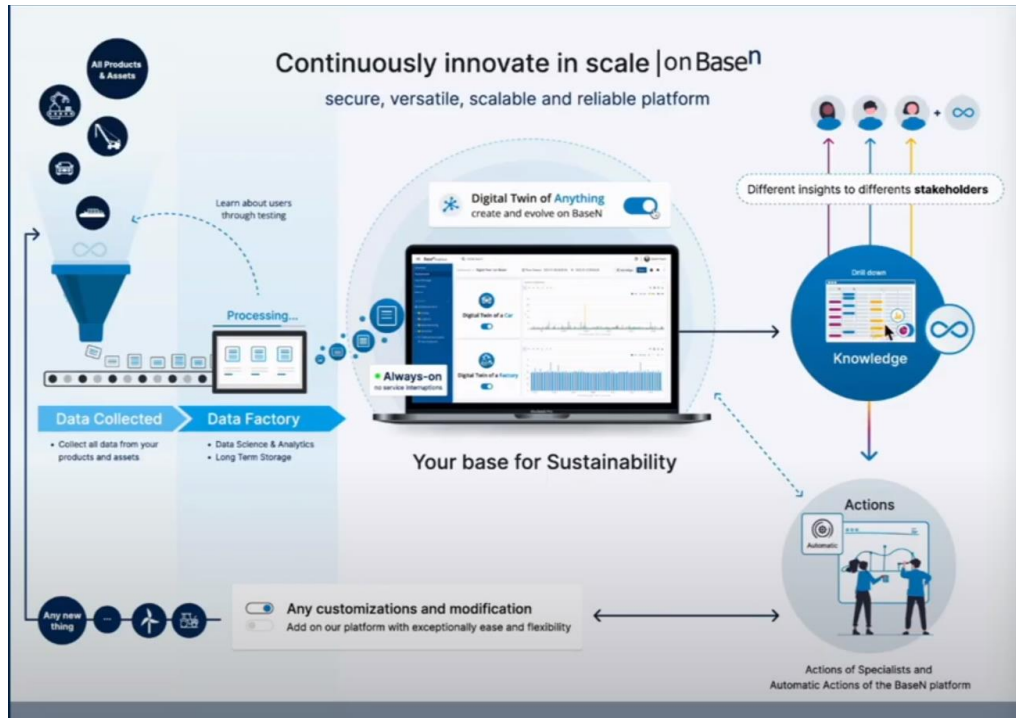
BaseN Oy tarjoaa asiakkailleen ohjelmistoaan palveluna. Yrityksen palveluihin kuuluu perussyanalyysiä, ennakoivaa analytiikkaa sekä liikenneanalyysiä. (Basen 2023a.) Yritys on tuonut digitaalisen kaksosen ratkaisunsa verkostoille,

kodeille, maitopurkeille, laivoille, satamille ja jopa rakennustyömaille (BaseN Corporation 2021).

Norsepower Oy on yksi yritys, joka käyttää BaseN palveluita (BaseN 2021). Norsepower on vuonna 2012 Suomessa perustettu roottoripurjeiden johtava valmistaja (Norsepower 2023a). Yritys tarjoaa roottoripurjeratkaisun, jossa valjastetaan tuulta, jotta voidaan vähentää aluksen polttoainekulutusta (Norsepower 2023b). Yrityksen päämääränä on laajentaa heidän ratkaisujaan viiteen alukseen. Norsepower hyödyntää BaseN yrityksen asiantuntemusta tietojen ja digitaalisen kaksosen säilytykseen alustallaan (Basen Platform), joka mahdollistaa saumattoman operoinnin. (BaseN 2023b.)

### 3.9.1 BaseN Platform

BaseN Oy:n ja Norsepower Oy:n yhdessä kehitetty ratkaisu tarjoaa pilvialustan (BaseN Platform), joka mahdollistaa reaaliaikaisen valvonnan ja hallinnan. Pilvialusta pystyy keräämään, analysoimaan, hallinnoimaan ja raportoimaan kerättyjä tietoja alusten matkoilta, kuten sää- ja navigointitietoja (Kuva 11). Se mahdollistaa myös tiedonjakamisen osakkeiden omistajien kanssa. Sen portaalissa pystytään tarkkailemaan laivan kuntoa, tunnistamaan hälytystilanteita ja reagoida nopeasti operaatioihin. BaseN pilvialusta kerää tietoja aluksesta ja lähettää ne reaaliajassa pilvialustaan, missä se prosessoi monimutkaisia parametreja matkasta. Lisäksi alusta parantaa tehokkuutta ja jatkuvaa toimintaa lisäämällä samalla tuottavuutta. Se tarjoaa myös kaksisuuntaisia ja reaaliaikaisia tietovirtoja tuleville aluksille ja komponenteille. Norsepower käyttää tällä hetkellä ratkaisua sen roottoripurjeisiin. (BaseN 2021.)



Kuva 11. BaseN Platformin toimintaperiaate (BaseN Corporation 2023).

### 3.10 Digibuzz-hanke

Digibuzz-hankkeen tarkoituksena on selvittää tehokkaimpia tapoja, joiden avulla hyödyntää digitaalista kaksosta ja mallinnusta valmistavan teollisuuden ekosysteemeissä. Tarkoituksena on luoda palveluliiketoiminta ratkaisujen pohjalta, jonka avulla voidaan tukea suomalaisten yritysten digitaalista murrosta, kasvua ja kansainvälistymistä. Hankkeessa digitaalisen kaksosen erilaiset liiketoimintamallit käydään läpi ja tutkitaan, mitkä niistä ovat mahdollisia ja miten. Yksi hankkeen tavoitteista on myös kehittää oma digitaalisen kaksosen alusta, sillä hankkeessa on mukana myös verkkosovellusratkaisuja tarjoava yritys Process Genius Oy. Hanketta johtaa LUT-yliopisto, jossa on myös VTT-tutkimuslaitos mukana. Sitä on toteuttamassa monta yritystä, muun muassa Raute Oyj, Mevea Oy, Wärtsilä Finland Oy ja aiemmin mainittu Process Genius Oy. (Mikkola 2022.)

## 4 Ratkaisujen vertailu

Tämän vertailun tarkoituksena oli tarjota parempi käsitys ratkaisuista, joiden perusteella Deltamarin ja muut meriteollisuuden yritykset voivat valita yhteensopivan ratkaisun, joka parhaiten vastaisi heidän tarpeisiinsa. Vertailu toteutettiin listaamalla luvussa 3 esitellyt ratkaisut taulukkoon, johon koottiin ratkaisujen hyviä ja huonoja puolia (Taulukko 2). Taulukon hyvät ja huonot puolet tarkasteltiin digitaalisen kaksosen ja sen meriteollisuuteen soveltuvuuden näkökulmista, eli mitä hyvää tai huonoa, ratkaisu toisi meriteollisuudelle. Yritykset eivät varsinaisesti kerro heidän tuotteidensa huonoja puolia, minkä vuoksi huonot puolet selvitettiin myös omien päätelmien sekä pohdintojen mukaan. Tämän vuoksi taulukon luotettavuutta tässä asiassa ei voida taata, ja siksi on parasta olla yhteydessä kyseisen ratkaisun tarjoajaan. Alla on laadittu lista tyypillisistä huonoista puolista, jotka liittyvät digitaalisten kaksosten ratkaisujen soveltuvuuteen meriteollisuudessa:

1. Korkea alkuinvestointi (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 14).
2. Dataan liittyvät komplikaatiot (Singh, Fuenmayor, Hinchy, Qiao, Murray & Devine 2021, 14).
3. Tietoturvariskit
4. Tehokkuus vaatimukset
5. Viestintäverkkoon liittyvät esteet (Botin-Sanabria, Mihaita, Peimbert-Garcia, Ramirez-Moreno, Ramirez-Mendoza & Lozoya-Santos 2022, 20).
6. Järjestelmien yhteensopivuus
7. Ohjelmistojen ylläpito, muutokset ja päivitykset
8. Käyttöönotto ja koulutus

Digitaalisen kaksosen ratkaisuja meriteollisuudelle löydettiin monia lukuisista yrityksistä, ja monet yritykset tarjosivat useamman kuin yhden ratkaisun. Tämän lisäksi löydettiin yritysten ratkaisuja, jotka on tarkoitettu muille aloille, mutta voisivat mahdollisesti toimia myös meriteollisuuden alalla. Ratkaisujen tarkemmat lisätiedot löytyvät edellisestä luvusta sekä kyseisen yrityksen

nettisivuilta tai ottamalla valitun ratkaisun toimittajaan yhteyttä, mikäli on kiinnostusta jatkotoimenpiteistä.

Taulukko 1. Ratkaisujen vertailutaulukko.

<b>Yritys</b>	<b>Ratkaisu</b>	<b>Hyvät puolet</b>	<b>Huonot puolet</b>
ABB Oy, Marine & Ports	Marine Remote Diagnostic System	-Etävalvonta ja diagnostiikka.  -Virheiden ennaltaehkäisy.	-Integrointi olemassa oleviin järjestelmiin.  -Tehokkuus vaatimukset.
ABB Oy, Marine & Ports	Marine Fleet Intelligence (Online-alusta)	-Tiedonhallinta ja analytiikka.  -Suorituskyvyn seuranta ja huoltotoimenpiteiden optimointi.  -Yhteistyö organisaatioiden välillä.	-Käyttöönoton haasteet.  -Koulutustarve  -Integrointi olemassa oleviin järjestelmiin.
ABB Oy, Marine & Ports	OCTOPUS	-Sääolosuhteiden ennakointi ja alusten liikkeen sekä suorituskyvyn valvonta  -Ohjeita aluksen optimaalisesta trimistä.  -Potkurin ja rungon likaantumisen mittaaminen.	-Käyttöönoton haasteet.  -Koulutustarve.
Aize	Digital Workspace	-Tiedonhallinta.  -Kattavat työkalut.  -Tuotteiden visualisointi.  -Reaaliaikainen yhteistyö.	-Tietojen integrointi voi olla haastavaa.

Yritys	Ratkaisu	Hyvät puolet	Huonot puolet
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Integroi olemassa oleviin järjestelmiin.</li> <li>-Etäkäyttö ja -pääsy.</li> </ul>	
AVEVA Group Ltd	Asset Information Management (Tiedonhallinta)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiedon jakamisen, etsimisen ja yhteistyön helppous.</li> <li>-Kaikki tieto yhdessä paikassa ja pääsy paikasta riippumaton.</li> <li>-Integrointi muihin järjestelmiin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Käyttöönoton haasteet.</li> <li>-Mahdolliset viiveet tietojen päivityksissä.</li> </ul>
AVEVA Group Ltd	Data Hub	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reaaliaikainen tiedonjakaminen.</li> <li>-Toimii ilman päivityksiä ja huoltokatkoja.</li> <li>-Kaikki tiedot yhdessä paikassa.</li> <li>-Etäkäyttö ja -pääsy.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tietojen eheys.</li> </ul>
AVEVA Group Ltd	Connect (Pilvialusta)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Pilvipohjainen yhteistyö.</li> <li>-Tehokas projektinhallinta.</li> <li>-Helppo integroida muihin järjestelmiin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Käyttöönoton haasteet.</li> <li>-Jatkuvat kustannukset.</li> <li>-Riippuvuus pilvipalveluntarjoajasta.</li> </ul>
BaseN Oy	BaseN Platform (Pilvijärjestelmä)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reaaliaikainen valvonta ja hallinta-alusta.</li> <li>-Tiedonjakaminen sidosryhmien välillä.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Riippuvuus pilvipalveluntarjoajasta.</li> <li>-Käyttöönoton haasteet.</li> </ul>

Yritys	Ratkaisu	Hyvät puolet	Huonot puolet
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Integroituu olemassa olevien järjestelmien kanssa.</li> <li>-Kaikki tiedot yhdessä paikassa.</li> <li>-Kybertorjunnan toimet.</li> </ul>	
Kongsberg Digital	Industrial Work Surface (Pilvialusta)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kattavat työkalut.</li> <li>-Yleiskatsaus laitoksista ja operaatioista.</li> <li>-Kaikki tieto yhdessä paikassa ja pääsy paikasta riippumaton.</li> </ul>	-Käyttöönoton haasteet.
Kongsberg Digital	Kognitwin	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kattava analytiikka ja tietojen keruu.</li> <li>-Kaikki tieto yhdessä paikassa ja pääsy paikasta riippumaton.</li> <li>-Soveltuu helposti muihin aloihin.</li> </ul>	-Ei ole vielä käytössä meriteollisuudessa.
Kongsberg Digital	Vessel Insight	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Kokonaisvaltainen näkymä ja hallinta kaikista aluksista.</li> <li>-Kustannustehokas ja turvallinen tiedonkeruu.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Riippuvuus tietoliikenneyhteyksistä.</li> <li>-Jatkuvat kustannukset.</li> </ul>
Kongsberg Digital	K-Sim Maritime Simulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Lisää turvallisuutta ja riskienhallintaa.</li> <li>-Polttoainekulutuksen, onnettomuuksien ja päästöjen vähentäminen.</li> <li>-Koulutusmahdollisuudet missä tahansa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Jatkuvat kustannukset.</li> <li>-Tehokkuus vaatimukset.</li> <li>-Käyttöönoton haasteet.</li> </ul>

Yritys	Ratkaisu	Hyvät puolet	Huonot puolet
		-Alusten konehuoneiden hallinta.	
Mevea Oy	Mevea Simulation Software	-Lisää turvallisuutta ja riskienhallintaa. -Polttoainekulutuksen, onnettomuuksien ja päästöjen vähentäminen. -Koulutusmahdollisuudet missä tahansa. -Kattava työkaluvalikoima.	-Koulutustarve. -Sovellusten yhteensopivuus. -Tehokkuus vaatimukset.
NAPA Oy	Fleet Intelligence (Pilvipohjainen)	-Tiedonhallinta ja analytiikka. -Näkyvyys alusten tilanteesta ja toimintatrendeistä. -Alusten polttoainekulutuksen, suorituskyvyn ja huoltotoimintojen optimointi. -Yhteydessä tärkeimpien luokituslaitosten sääntöihin.	-Käyttöönoton haasteet. -Tiedonsiirron ja yhteensopivuuden haasteet. -Riippuvuus pilvipalveluntarjoajasta.
NAPA Oy	NAPA Steel (Structural Design)	-Kattava suunnittelutyökalu. -Automaattinen laskenta. -Nopea tietojen päivittäminen.	-Rajoitukset monimutkaisessa rakenteiden suunnittelussa. -Ei ole täysin virheetön.

Yritys	Ratkaisu	Hyvät puolet	Huonot puolet
		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Helppo 3D-mallintaminen.</li> <li>-Yhteydessä tärkeimpien luokituslaitosten sääntöihin.</li> </ul>	
NAPA Oy	NAPA Loading Computer	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tarkka 3D-laskentakone ja lastauksen hallinta kaikissa alustyypissä.</li> <li>-Kaikkien suurten luokituslaitosten hyväksymä.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rajoituksia monimutkaisten kuormien lastauksissa.</li> <li>-Tietojen eheys.</li> </ul>
Wärtsilä Oy	Operim	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alusten suorituskykyjen valvonta ja optimointi.</li> <li>-Näkyvyys analysoimaan kaikkia tilanteita.</li> <li>-Mahdollistaa alusten suorituksen optimaalisessa tehokkuudessa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riippuvuus pilvipalveluntarjoajasta.</li> <li>-Toimii vain Wärtsilän omiin tuotteisiin ja palveluihin.</li> </ul>
Wärtsilä Oy	Fleet Operations Solution	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Navigointi- ja matkatiedot yhdessä paikassa.</li> <li>-Alusten seuranta reaaliajassa.</li> <li>-Etäkäyttö ja -pääsy.</li> <li>-Kybertorjunnan toimet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Käyttöönoton haasteet.</li> <li>-Koulutustarve</li> </ul>

#### 4.1 Ratkaisun valinta

Digitaalisen kaksosen suosio yritysten kesken on noussut valtavasti. Kuten luvussa 2 todettiin, digitaalisen kaksosen hyötyjä on paljon. Se pystyy esimerkiksi auttamaan yrityksen tuotantosuunnitelman kanssa ja ohjausryhmät pystyvät saamaan paremman käsityksen tuotteen prosessista (Cosmotech 2020). Oikealla digitaalisen kaksosen ratkaisulla yritykset saavat tuotteensa nopeammin markkinoille, vähentävät kustannuksia, optimoivat operaatioita ja parantavat toimintaansa (Carter 2023).

Ennen kuin valitaan digitaalisen kaksosen ratkaisu, on tuotava yrityksen sisäiset sidosryhmät mukaan prosessiin, sillä valittu digitaalisen kaksosen ratkaisu tulee käyttämään myös muiden osastojen tietoja. Tämän takia on tärkeää, että muut osastot ovat mukana. (Cosmotech 2020.) Investointi uuteen teknologiaan on iso askel, ja tämän vuoksi on hyvä tehdä yhteistyötä niiden yritysten kanssa, joilla on digitaalinen kaksonen parhaillaan käytössä, ja jotka ovat myös kokeneita sen suhteen (Carter 2023). Koulutus ja ammattitaitoisuus uuden teknologian kanssa vaatii paljon resursseja. Yritysten käyttötapauksia on hyvä tutkia ja selvittää, onko yrityksellä toimiva digitaalisen kaksosen ratkaisu, onko se yhteensopiva, ovatko he saaneet sillä merkittäviä saavutuksia, mitä työkaluja he tarjoavat ja ovatko ne tarpeellisia.

Digitaalisen kaksosen ratkaisua valittaessa on hyvä pohtia, mitä sillä halutaan saavuttaa. Tavoitteen asettaminen voi auttaa löytämään oikean ratkaisun. Tärkeimpiä digitaalisen kaksosen toimintoja ovat (Carter 2023.):

- Työnkulku ja liiketoimintaprosessien organisointi
- Kyky saada ja muuntaa tietoja mistä tahansa lähteestä
- 3D ja 360-fotogrammetrinen visualisointi
- Integrointi muiden teknologioiden kanssa
- Analyttiset ja raportointipaneelit
- Simulointimahdollisuudet

Valinnan kanssa on hyvä huomioida ja ymmärtää eri digitaalisen kaksosen tyyppejä. Tästä on tärkeää keskustella ratkaisun tarjoajan kanssa saadakseen selville, että millaisia kaksostyyppejä he tarjoavat sekä mitä eri hyötyjä ja lisäarvoa ne tuovat voivat yritykselle. Näiden lisäksi on tärkeää selvittää, että onko valittu kaksostyyppi yhteensopiva yrityksen tarpeiden kanssa. Digitaalisia kaksosia on monenlaisia, joista yleisimmät tyypit ovat muun muassa Component Twins, Asset Twins, System Twins ja Process Twins. Harkitessaan palveluntarjoajan ratkaisua, on myös kannattavaa verrata jokaisen toimittajan potentiaalista sijoitetun pääoman tuottoa, eli ROI:ta. Lisäksi on myös hyvä selvittää, minkälaista arvoa kukin toimittaja antaa ratkaisullaan. Tämän avulla saadaan näkemys siitä, kuinka paljon kustannuksia ja aikaa palveluntarjoajan ratkaisu tulee säästämään. (Carter 2023.)

## 5 Yhteenveto ja johtopäätös

Tämän opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli tutkia digitaalista kaksosta ja sen hyödyntämistä laivasuunnittelussa. Tarkoituksena oli selvittää toimeksiantoyritys Deltamarinille ja muille meriteollisuuden yrityksille mahdollisia ratkaisuja digitaalisen kaksosen hyödyntämiseen, jotta kyseiset yritykset voisivat nostaa kilpailukykyään ja tehostaa toimintaansa.

Opinnäytetyössä lukuisia kirjallisia lähteitä hyödyntäen perehdyttiin digitaalisen kaksosen teoriaan, tutkimuksiin sekä olemassa oleviin ratkaisuihin. Teoriaosuuden ja tutkimusten aineistona käytettiin pääasiassa erilaisia artikkeleita, jotka ovat saatavilla Turun AMK:n Finna, Google Scholar ja ScienceDirect -hakupalveluissa. Digitaalisesta kaksosesta löytyi verkosta suppeasti tietoa suomeksi, mutta melko kattavasti englanniksi. Tieto olemassa olevista digitaalisen kaksosen ratkaisuista kerättiin toimittajien verkkosivuilta. Osa aineistoista on peräisin useiden vuosien takaa, joka tarkoittaa sitä, että näiden lähdeaineistojen luotettavuutta ei voida täysin taata, sillä niiden sisältö voi olla vanhentunutta tai niitä ei ole päivitetty uusimpien tutkimusten perusteella. Näiden lisäksi käytettiin aineistona myös yksittäisten verkkosivustojen tietoja ja tutkimuksia, joiden luotettavuutta ei voida täysin taata.

Tutkimuksessa keskityttiin pääasiassa meriteollisuuden yritysten olemassa oleviin ratkaisuihin ja niiden hyödyntämiseen. Opinnäytetyön tuloksena saatiin selville, että sekä digitaalisen kaksosen ratkaisuja että sen toimittajia on monia. Tämän vuoksi laadittiin vertailutaulukko, jonka tavoitteena oli helpottaa ratkaisujen valintaa. Vertailutaulukkoon listattiin yritysten ratkaisuja, jotka vastaisivat parhaiten Deltamarinin tarpeita. Taulukossa tarkasteltiin ratkaisujen hyviä ja huonoja puolia niiden meriteollisuuteen soveltuvuuden näkökulmasta. Vertailutaulukon avulla Deltamarin ja muut digitaalisen kaksosen käyttöönottoa tai laajentamista harkitsevat yritykset saavat paremman käsityksen eri ratkaisuvaihtoehdoista, joista valita sopiva yhteistyökumppani. Vertailutaulukon lisäksi selvitettiin asioita, jotka olisi hyvä huomioida digitaalisen kaksosen ratkaisua ja sen toimittajaa valitessa. Näihin asioihin kuuluvat mm.

toimittajayrityksen kokemus, ratkaisujen yhteensopivuus, ratkaisun tavoite ja sijoituksen pääoman tuotto.

Opinnäytetyölle asetettuihin tavoitteisiin on työn osalta päästy. Toimeksiantajan toiveena oli saada lista ja vertailu markkinoilla olevista yrityksistä sekä niiden digitaalisen kaksosen ratkaisujen ominaisuuksista, joita voidaan hyödyntää meriteollisuudessa. Tämä opinnäytetyö onnistui siinä hyvin.

Opinnäytetyön tekemisen jälkeen nousi esiin asioita, joita olisi voitu tehdä toisin. Vertailutaulukkoa tehdessä ilmeni ongelmia ratkaisujen huonojen puolien listaamisessa. Tämä johtui siitä, että ratkaisujen toimittajat eivät varsinaisesti korosta tuotteidensa ja palveluidensa ongelmia tai virheitä omilla verkkosivuillaan. Vertailutaulukon huonot puolet toteutettiin tämän takia opinnäytetyön tekijän omilla päätelmillä sekä pohdinnoilla ratkaisujen soveltuvuudesta meriteollisuuden näkökulmasta, ja tämän vuoksi tämä osio taulukosta ei perustu täysin tutkittuun tietoon, eikä näin ollen sen luotettavuutta voida luvata.

Tästä opinnäytetyöstä jäi myös mahdollisuus jatkotutkimukselle, sillä potentiaalisia yrityksiä ja ratkaisuja on varmasti lisää meriteollisuuden alalla. Mikäli lukija löytää tässä opinnäytetyössä omiin tarpeisiinsa sopivan ratkaisun tai ratkaisuja, seuraavana toimenpiteenä on ottaa yhteyttä sen toimittajaan. Yhteydenotossa saadaan lisätietoa ratkaisusta ja mahdollisista jatkotoimenpiteistä.

## Lähteet

ABB 2023a. ABB Oy, Marine and Ports. Verkko-sivusto. Viitattu 26.5.2023.

Saatavilla: <https://new.abb.com/fi/abb-lyhyesti/suomessa/liiketoiminnat/marine-and-ports>

ABB 2023b. Our Business. Verkko-sivusto. Viitattu 27.5.2023. Saatavilla:

<https://new.abb.com/about/our-businesses>

ABB 2023c. ABB Ability Marine Fleet Intelligence – Advisory. Verkko-sivusto.

Saatavilla: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/digital/ABB-Ability-Marine-Fleet-Intelligence---Advisory>

ABB 2023d. ABB Ability Marine Pilot. Verkko-sivusto. Viitattu 26.5.2023.

Saatavilla: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/digital/abb-ability-marine-pilot>

ABB 2023e. Abb Ability Remote Diagnostic System (RDS) for Marine. Verkko -

sivusto. Viitattu 27.8.2023. Saatavilla: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/digital/smart-asset-management/Smart-Asset-Management-services---connected-vessels>

ABB 2023f. ABB Ability OCTOPUS – Marine Advisory System. Verkko -sivusto.

Viitattu 27.6.2023. Saatavilla: <https://new.abb.com/marine/systems-and-solutions/digital/ABB-Ability-OCTOPUS-Marine-Advisory-System>

Aheleroff, S.; Xu, X.; Zhong, R. & Lu, Y. 2021. Digital Twin as a Service (DTaaS) in Industry 4.0: An Architecture Reference Model. PDF-Artikkeli.

Viitattu 5.9. Saatavilla: [https://www.sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S1474034620301944?via%3Dihub](https://www.sciencedirect.com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S1474034620301944?via%3Dihub)

Airbus 2023. Transforming Airbus through digital continuity. Artikkel. Viitattu

5.7.2023. Saatavilla: <https://www.airbus.com/en/innovation/disruptive-concepts/digital-design-manufacturing-services>

Aize 2023a. Our story. Verkko-sivusto. Viitattu 15.7.2023. Saatavilla:

<https://www.aize.io/our-story>

Aize 2023b. Look beyond the digital twin. Verkko-sivusto. Viitattu 15.7.2023.

Saatavilla: <https://www.aize.io/how-it-works>

Asiakastieto 2021. BaseN Oy. Verkko-sivusto. Viitattu 28.6.2023. Saatavilla: <https://www.asiakastieto.fi/yriytykset/fi/basen-oy/17375503/taloustiedot>

AVEVA 2022. AVEVA Data Hub. Use, share, and analyze real-time operations data in the cloud. PDF-artikkeli. Vaatii latauksen. Viitattu 15.6.2023. Saatavilla: [https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet\\_AVEVA\\_DataHub\\_22-11.pdf](https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet_AVEVA_DataHub_22-11.pdf)

AVEVA 2023a. Solutions Verkko-sivusto. Viitattu 19.5.2023. Saatavilla: <https://www.aveva.com/en/solutions/>

AVEVA 2023b, 4. Asset Information Management. PDF-artikkeli. Viitattu 28.6.2023. Saatavilla: [https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure\\_AVEVA\\_AssetInformationManagement\\_22-03.pdf](https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure_AVEVA_AssetInformationManagement_22-03.pdf)

AVEVA 2023c. AVEVA Connect. PDF-artikkeli. Vaatii latauksen. Viitattu 17.5.2022. Saatavilla: [https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet\\_AVEVA\\_Connect\\_22-08.pdf](https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet_AVEVA_Connect_22-08.pdf)

BaseN 2021. Customer Case Norsepower. PDF-artikkeli. Viitattu 28.6.2023. Saatavilla: [https://www.basen.net/wp-content/uploads/2021/02/4.-BaseN-Case-Study\\_Norsepower.pdf](https://www.basen.net/wp-content/uploads/2021/02/4.-BaseN-Case-Study_Norsepower.pdf)

BaseN 2023a. Our Services. Verkko-sivusto. Viitattu 21.8.2023. Saatavilla: <https://www.basen.net/>

BaseN 2023b. Norsepower and BaseN Further Spearhead the Expansion of Green Shipping. Verkko-sivusto. Viitattu 22.8.2023. Saatavilla: <https://www.basen.net/norsepower-and-basen-further-spearhead-the-expansion-of-green-shipping/>

BaseN Corporation 22.7.2021. Digital Twins – lead the market with a digital edge. Videotiedosto. Viitattu 28.6.2023. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=kBEHiWMgDZs&t=78s>

BaseN Corporation 1.11.2023. Hear what BaseN does in brief. Videotiedosto. Viitattu 30.8.2023. Saatavilla: <https://www.youtube.com/watch?v=tdbk1amjUE8&t=335s>

(Botin-Sanabria, D.; Mihaita, A.; Peimbert-Garcia, R.; Ramirez-Moreno, M.; Ramirez-Mendoza, R. & Lozoya-Santos, J. 2022. Digital Twin Technology Challenges and Applications: A Comprehensive Review. Artikkele. Viitattu 11.9.2023. Saatavilla: <https://www.proquest.com/docview/2642462024>

Carter, R. 2023. Your Guide to Comparing Digital Twin Solutions in 2023. XR Today-sivusto. Viitattu 10.8.2023. Saatavilla: <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/your-guide-to-comparing-digital-twin-solutions-in-2023/>

Cosmotech 2020. How to Choose the Right Digital Twin in 5 Steps. Viitattu 7.8.2023. Saatavilla: <https://cosmotech.com/resources/article/choose-best-digital-twin/>

Deltamarin Intranet 2019. Deltamarin Oy:n henkilöstön intranet. Vain sisäiseen käyttöön. Viitattu 16.5.2023

Digita 2023. Teollisuus 4.0: Kun tehdas muuttuu rakennuksesta tietolähteeksi. Artikkele. Saatavilla: <https://www.digita.fi/etusivu/palvelut-yrityksille/privaattiverkot-2/artikkelit/teollisuus-4-0-kun-tehdas-muuttuu-rakennuksesta-tietolahteeksi/>

General Electric 2023. Digital Twins are mission critical. Verkko-sivusto. Viitattu 14.6.2023. Saatavilla: <https://www.ge.com/digital/applications/digital-twin>

Grieves, M. 2016. Origins of the Digital Twin Concept. Artikkele. Viitattu 8.9.2023. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26367.61609>

Grieves, M. & Vickers, J. 2017. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. PDF-Artikkele. Viitattu 30.8.2023. Saatavilla: [https://www.researchgate.net/publication/306223791\\_Digital\\_Twin\\_Mitigating\\_Unpredictable\\_Undesirable\\_Emergent\\_Behavior\\_in\\_Complex\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/306223791_Digital_Twin_Mitigating_Unpredictable_Undesirable_Emergent_Behavior_in_Complex_Systems)

Hansen, M. 2022. A better tomorrow: Your Industrial Work Surface and Data-driven Operations. Artikkele. Viitattu 29.08.2023. Saatavilla: <https://www.kongsbergdigital.com/resources/a-better-tomorrow-your-industrial-work-surface-and-data-driven-operations>

Industrial Software 2023. AVEVA Asset information management. Verkko-sivusto. Viitattu 28.6.2023. Saatavilla: <https://industrial-software.com/solutions/aveva-asset-information-management/>

Konecranes 2019. How digital twins are transforming business. Blogi-kirjoitus. Viitattu 27.6.2023. Saatavilla: <https://www.konecranes.com/discover/how-digital-twins-are-transforming-business>

Kongsberg Digital 2023a. Enabling the Green Shift by Digitalizing Industries. Verkko-sivusto. Saatavilla: <https://kongsbergdigital.com/overview/>

Kongsberg Digital 2023b. Kongsberg Vessel Insight. PDF-Artikkeli. Viitattu 26.6.2023. Saatavilla: <https://www.kongsberg.com/globalassets/digital/solutions/vessel-insight/vessel-insight-product-sheet-screen.pdf>

Kongsberg Digital 2023c. K-Sim Maritime Simulation. Verkko-sivusto. Viitattu 26.5.2023. Saatavilla: <https://www.kongsbergdigital.com/industrial-work-surface/maritime-simulation>

Kongsberg Digital 2023d. Sitecom. Verkko-sivusto. Viitattu 22.7.2023. Saatavilla: <https://kongsbergdigital.com/products/sitecom/>

Kongsberg Maritime 2023. This is Kongsberg Maritime. Verkko-sivusto. Viitattu 26.6.2023. Saatavilla: <https://www.kongsberg.com/maritime/about-us/>

Kritzinger, W.; Karner, M.; Traar, G.; Henjes, J. & Sihn, W. 2018. PDF-Artikkeli. Viitattu 24.8.2023. Saatavilla: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318316021>

Kunkera, Z.; Opetuk, T.; Hadži´c, N. & Tošanovi´c, N. 2022. Using Digital Twin in a Shipbuilding Project. PDF-Artikkeli. Viitattu 23.08.2023. Saatavilla:

Lind, M.; Watson R, T.; Becha, H.; Zuesongdham, P.; Kouwenhoven, N. & Baldauf, U. 2020. Digital Twins for the Maritime Sector. Artikkel. Viitattu 11.9.2023. Saatavilla: [https://www.researchgate.net/profile/Mikael-Lind/publication/343382513\\_Digital\\_twins\\_for\\_the\\_maritime\\_sector/links/5f26ab96a6fdcccc43a2d7b1/Digital-twins-for-the-maritime-sector.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Mikael-Lind/publication/343382513_Digital_twins_for_the_maritime_sector/links/5f26ab96a6fdcccc43a2d7b1/Digital-twins-for-the-maritime-sector.pdf)

Loh, J. 30.05.2022. Many Uses of Digital Twins in Maritime Industry. Artikkel. Viitattu 23.08.2023. Saatavilla: <https://maritimefairtrade.org/many-uses-digital-twins-maritime-industry/>

Luostarinen, J. 26.2.2019. Digitaalinen kaksonen auttaa matkalla vihreämpään merenkulkuun. Artikkel. Viitattu 8.5.2023. <https://unifi.fi/digitaalinen-kaksonen-auttaa-matkalla-vihreampaan-merenkulkuun/>

Mevea 2023a. About. Verkko-sivusto. Viitattu 8.5.2023. Saatavilla:

<https://mevea.com/about/>

Mevea 2023b. Digital Twin. Verkko-sivusto. Viitattu 8.5.2023. Saatavilla:

<https://mevea.com/solutions/digital-twin/training/>

Mevea 2023c. Real-Time Simulation with Real-World Physics. Verkko-sivusto.

Viitattu 22.8.2023. Saatavilla: <https://mevea.com/solutions/software/>

MFI 2021. ABB's new digital solution helps optimize ship performance across fleet. Hellenicshippingnews-sivusto. Viitattu 27.5.2023. Saatavilla:

<https://www.hellenicshippingnews.com/abbs-new-digital-solution-helps-optimize-ship-performance-across-fleets/>

Mikkola, A. 2022. Digitaaliset kaksoset valmistavan teollisuuden avuksi – Digibuzz-hankkeelle 1,84 miljoonaa. Artikkele. Viitattu 12.5.2023. Saatavilla:

<https://www.lut.fi/fi/uutiset/digitaaliset-kaksoset-valmistavan-teollisuuden-avuksi-digibuzz-hankkeelle-184-miljoonaa>

NAPA 2023a. About NAPA. Verkko-sivusto. Viitattu 25.6.2023. Saatavilla:

<https://www.napa.fi/about-napa/>

NAPA 2023b. Contact Us, Offices. Verkko-sivusto. Viitattu 12.9.2023.

Saatavilla: <https://www.napa.fi/contact-us/#offices>

NAPA 2023c. NAPA Fleet Intelligence. Verkko-sivusto. Viitattu 5.7.2023.

Saatavilla: <https://www.napa.fi/software-and-services/ship-operations/napa-fleet-intelligence/>

NAPA 2023d. Structural Design. Verkko-sivusto. Viitattu 25.6.2023. Saatavilla:

<https://www.napa.fi/software-and-services/ship-design/structural-design/>

NAPA 2023e. NAPA Loading Computer. Verkko-sivusto. Viitattu 5.7.2023.

Saatavilla: <https://www.napa.fi/software-and-services/ship-operations/napa-loading-computer/>

NAPA 2023f. NAPA Emergency Computer. Verkko-Sivusto. Viitattu 5.7.2023.

Saatavilla: <https://www.napa.fi/software-and-services/ship-operations/napa-emergency-computer/>

Norsepower 2023a. Story. Verkko -sivusto. Viitattu 22.8.2023. Saatavilla:

<https://www.norsepower.com/story>

Norsepower 2023b. Technology. Verkko -sivusto. Viitattu 22.8.2023. Saatavilla: <https://www.norsepower.com/technology>

Nowak, J. & Parrondo, Y. 2017. Navigating the 4th industrial revolution 156-159. Artikkel. Vaatii latauksen. Viitattu 15.5.2023. Saatavilla: <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107045A7596&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

NVIDIA 2021. NVIDIA, BMW Blend Reality, Virtual Worlds to Demonstrate Factory of The Future. Blogi. Viitattu 15.6.2023. Saatavilla: <https://blogs.nvidia.com/blog/2021/04/13/nvidia-bmw-factory-future/>

O'Dwyer, R. 2023. Kongsberg Digital launches Industrial Work Surface. Artikkel. Viitattu 29.08.2023. Saatavilla: <https://smartmaritimenetwork.com/2023/03/03/kongsberg-digital-launches-industrial-work-surface/>

OCTOPUS 2021. ABB introduces OCTOPUS Operational Planner for increased uptime and safety of offshore wind farm operations. Hellenicshippingnews-sivusto. Viitattu 27.6.2023. Saatavilla: <https://www.hellenicshippingnews.com/abb-ability-octopus-selected-by-spliethoff-group-to-optimize-safety-for-yacht-transportation/>

Peltonen, J. 2020. Haastattelu. PdM- Specialist, Kongsberg Maritime Finland Oy henkilöä haastatteli 10.12.2020 Mikko Leppänen. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/380027/Leppanen\\_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/380027/Leppanen_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Rasheed, A.; San, O. & Kvamsdal, T. 2020. Digital twin Values, Challenges and Enablers from a Modeling Perspective. Artikkel. Viitattu 6.9.2023. Saatavilla: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8972429/metrics#metrics>

Siemens 2023a. Simcenter Simulation and Test Solutions. Verkko-sivusto. Viitattu 26.8.2023. Saatavilla: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/simcenter/>

Siemens 2023b. Propulsion Systems. Verkko -sivusto. Viitattu 27.8.2023. Saatavilla: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/industries/marine/propulsion-systems.html?stc=wwdi109727>

Siemens 2023c. Siemens Suomessa ja Baltiassa. Verkko -sivusto. Viitattu 9.9.2023. Saatavilla: <https://www.siemens.com/fi/fi/yhtio/siemens-suomessa-ja-baltiassa.html>

Singh, M.; Fuenmayor, E.; Hinchy, E.; Qiao, Y.; Murray, N. & Devine, D. 2021. Digital Twin: Origin to Future. Artikkele. Viitattu 13.4.2023. Saatavilla: [https://www.researchgate.net/publication/351827732\\_Digital\\_Twin\\_Origin\\_to\\_Future](https://www.researchgate.net/publication/351827732_Digital_Twin_Origin_to_Future)

Smogeli, Ø. 2017. Digital Twins at Work in Maritime and Energy. PDF-Artikkeli. Viitattu 23.08.2023. Saatavilla: <https://www.dnv.com/Images/DNV%20GL%20Feature%20%2303%20ORIG2btcm8-85106.pdf>

Twi-global 2023. Industry 4.0. Artikkele. Viitattu 15.5.2023. Saatavilla: <https://www.twi-global.com/what-we-do/research-and-technology/technologies/industry-4-0>

Uwasa 2021. INTENS-hanke. Vaasan yliopiston verkko-sivusto. Viitattu 8.6.2023. Saatavilla: <https://www.uwasa.fi/fi/tutkimus/hankkeet/intens>

Verma, R. 2018. How Digital Twin is transforming Internet of Things (IoT)?. Verkko-julkaisu. Viitattu 11.5.2023. Saatavilla: <https://www.loginworks.com/blogs/digital-twin-transforming-internet-things-iot/>

Wärtsilä 2018. Fleet Operations Solutions. Artikkele. Viitattu 30.08.2023. Saatavilla: [https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/fleet-operations-solutions.pdf?sfvrsn=db5c1844\\_2](https://www.wartsila.com/docs/default-source/product-files/fleet-operations-solutions.pdf?sfvrsn=db5c1844_2)

Wärtsilä 2023a. About. Verkko-sivusto. Viitattu 12.5.2023. Saatavilla: <https://www.wartsila.com/about>

Wärtsilä 2023b. Wärtsilä Operim. Verkko-sivusto. Viitattu 26.8.2023. Saatavilla: <https://www.wartsila.com/marine/services/gas-solutions-services/operim>