

VAASAN YLIOPISTO
TEKNIIKAN JA INNOVAATIOJOHTAMISEN YKSIKKÖ
TIETOJÄRJESTELMÄTIEDE

Ville Salminen

DIGITALISAATIO ENERGIA-ALALLA

Tietojärjestelmätieteiden
pro gradu -tutkielma

Tietojärjestelmätieteiden
koulutusohjelma

Vaasa 2019

ALKUSANAT

Mikäli minulta kysytään koulutustani, vastaan olevani sähköinsinööri, joka osaa käyttää tietokonetta. Siitä se tähän työhön johtava ajatus sitten lähti.

Kiitokset tästä työstä kuuluvat:

- Entiselle opiskelutoverilleni, Vaasan ammattikorkeakoulun projekti-insinööri Sami Korpiniemelle saamastani tuesta.
- Vaasan yliopiston projektitutkija Katja Sirviölle, älykkäiden sähköverkkojen konseptien selvittämisestä ja (sähkö-) alan digitalisaation asiantuntemuksesta.
- Laajemmin, Vaasan yliopiston ja Vaasan ammattikorkeakoulun henkilöstöille, jatkuvasta tuen antamisesta työn aikana.
- Vaasan ammattikorkeakoulun sähkötekniikan yksikölle, jonka takia valitsin opiskelupaikakseni Vaasan, kotikaupunkini Oulun sijaan.
- Vaasan sähköverkko Oy:n mittauspalvelupäälikkö Matias Åbrolle, sekä projekti-insinööri Jaakko Yliaholle älykkäiden sähköverkkojen reaali maailman esimerkkien antamisesta ja konseptien selvittämisestä.
- Laajemmin, Vaasan sähkö- ja VEO:n organisaatioille, työn suuntaviittojen antamisesta.
- Vanhemmilleni, jotka ovat jaksaneet uskoa minuun kaikkien näiden vuosien ajan.

Oulu 9.4.2019

Ville Salminen

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	1
LYHENTEET	5
KUVIOT	7
TIIVISTELMÄ	8
ABSTRACT	9
1 JOHDANTO	10
2 AIHEPIIRIN JULKAISUHISTORIAA	13
3 TUTKIMUSMENETELMISTÄ	14
3.1 Tutkimusmenetelmien rajaus	14
3.2 Tutkimussuunnitelma	15
3.3 Aineiston rajaus	16
3.4 Tutkimuksessa käytetyt työkalut	18
3.4.1 Kausaalisuhteinen käsitekartta	18
3.4.2 Käyttötapaaskaavio	19
4 DIGITALISAATIO ILMIÖNÄ	22
5 DIGITALISAATIO ENERGIA-ALALLA	33
5.1 Sähköverkot	33
5.1.1 Sähköverkkojen historiaa	33
5.1.2 Älykäs sähköverkko	36

5.1.3 CASE: Vaasan sähköverkko Oy	42
5.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu	44
5.3 Valvontajärjestelmät	50
5.4 Kodinohjausjärjestelmät	53
5.5 Sähkön verkkokauppa	56
5.6 Lehdistökatsaus	59
6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	65
6.1 Pohdintaa aiheesta	68
6.2 Johtopäätökset	69
7 YHTEENVETO	70
LÄHDELUETTELO	72

LYHENTEET

3D	Three-dimensional, kolmiulotteinen
AR	Augmented Reality, lisätty todellisuus
CAD	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Computer Aided Manufacture, tietokoneavusteinen valmistus
DMS	Distribution Management System, jakelunhallintajärjestelmä
ETIM	European Technical Information Model
FTP	File Transfer Protocol, tiedostonsiirtoprotokolla
GIS	Graphics Information System
HEMS	Home Energy Management System
HMI	Human Machine Interface
HUD	Heads-up Display, heijastusnäyttö
ICT	Information and Communication Technology
IDS	Intrusion Detection System, tunkeilijan havaitsemisjärjestelmä
IEA	International Energy Agency
IoB	Internet of Buildings, rakennusten Internet
IoT	Internet of Things, asioiden Internet, esineiden Internet, teollinen Internet
ITU	International Telecommunication Union
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
MMI	Man Machine Interaction
PLC	Power Line Communication, datasähkö
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka
PMR	Professional Mobile Radio, ammattimainen liikuteltava radio

RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etätunnistus
RTU	Remote Terminal Unit, etäterminaali
SaaS	Software as a Service
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
STK	Suomen sähkötekni­sen kaupan liitto
STUL	Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto
UML	Unified Modelling Language
VHF	Very High Frequency
VR	Virtual Reality, keinotodellisuus, te­kotodellisuus, virtuaalitodellisuus
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

KUVIOT

Kuvio 1. Tutkimussuunnitelma	15
Kuvio 2. Kausaalisuhteisen käsitekartan pohja	18
Kuvio 3 Esimerkki käyttötapauskaaviosta	20
Kuvio 4. Digitalisaation kehityskulku Ilmarisen (2015) mukaan	24
Kuvio 5. Digitalisaation kolme murrosta Ilmarisen (2015) mukaisesti	25
Kuvio 6. Kausaalisuhteinen käsitekartta digitalisaatiosta	29
Kuvio 7. Kausaalisuhteinen käsitekartta älykkäästä sähköverkosta	37
Kuvio 8. Tietokoneavusteisen sähkösuunnitteluohjelman käyttötapauskaavio	47
Kuvio 9. Suunnitteluohjelman kaksi eri tietokantaratkaisua Lakervin (1996) mukaan	48
Kuvio 10. SCADA -järjestelmän käyttötapauskaavio	52
Kuvio 11. Sähkön kilpailutusjärjestelmän käyttötapauskaavio	58

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Ville Salminen	
Tutkielman nimi:	Digitalisaatio energia-alalla	
Ohjaajan nimi:	Tero Vartiainen	
Tutkinto:	Kauppätieteiden maisteri	
Ohjelma:	Tietojärjestelmätieteiden maisteriohjelma	
Opintojen aloitusvuosi:	2016	
Tutkielman valmistumisvuosi:	2019	Sivumäärä: 77

TIIVISTELMÄ:

Digitalisaatiosta puhutaan nykyaikana paljon. Digitalisaatio tulee terminä vastaan niin hallituksen tavoitteissa, kuin useimmissa tulevaisuuden visioissa. Digitalisaatiolle ei ole kuitenkaan olemassa vakiintunutta määritelmää, joten olisi tärkeä tietää mistä me puhumme, kun puhumme asiasta nimeltään digitalisaatio. Energia-ala on yksi niistä aloista, joihin digitalisaatio on vaikuttanut ja tulee vaikuttamaan vielä pitkään. Energia-alan yritykset usein pärjäävätkin hyvin digitalisaatiota vertailevissa mittauksissa. Selvittämällä miten digitalisaatio vaikuttaa energia-alaan saamme pienessä mittakaavassa selitysmallin sille, mistä digitalisaatiossa on oikein kyse. Tutkimuksessa on tärkeää ymmärtää myös energia-alalle tyypillisiä rakenteita, jotta ymmärtäisimme miksi tietyt digitalisaatiolle tyypilliset asiat näkyvät energia-alalla vahvemmin, kuin osa digitalisaation tarjoamista mahdollisuuksista.

Tämä tutkimus on siis tehty energia-alan digitalisaatiosta, painottaen digitalisaatiota aivan erityisenä avainkehiksenä. Tutkimusaineistona tutkimuksessa toimivat (energia- ja tietotekniikka-) alojen kirjallisuus, lehdistö, Internet-lähteet, sekä energia-alan ammattilaisten haastattelut. Tutkimuksen tavoite on ollut luoda kartoittava tutkimus digitalisaatiosta energia-alan esimerkkien mukaisesti. Tutkimuksessa on käytetty pääsääntöisesti fenomenografista tutkimusmenetelmää laadullisen tutkimuksen painotuksella aiheen suhteen. Tutkimukseen on sovellettu myös menetelminä: teemahaastattelua, summatiivista sisältöanalyysia, sekä tapaustutkimusta.

Tutkimustuloksena on saatu aikaan fenomenograafiselle tutkimukselle tyypillinen tulosavaruus. Energia-alalla digitalisaatio ilmenee lähinnä esineiden internetin, kehittyneen automatiikan, pilvipalvelujen käytön, sekä kehittyneiden mobiilitekniikoiden soveltamisena. Massadatalla eli big datalla energia-alalla on jo pitkä perinne erilaisina mittaustietoina, joista on saatu jo kauan analytiikkaa. Esineiden Internetin myötä mittaustiedot ja big datan määrät ovat vain kasvamaan päin. Alalla on ollut myös pitkään käytössä automaatiolaitteita ja ne ovat kehittymässä kohti robotiikkaa. Toisaalta digitalisaation ilmiöistä energia-alalla puuttuvat: tekoälysovellukset, keinotodellisuus, lisätty todellisuus ja 3D tulostus. On kuitenkin nähtävissä, että alan luonne selittää tekniikoiden käytön puutetta ja kyseisten tekniikoiden kehittyessä niille voitaisiin löytää hyödyllisiä käyttösovelluksia energia-alaltakin.

AVAINSANAT: digitalisaatio, teollistuminen

UNIVERSITY OF VAASA**School of technology and innovations****Author:**

Ville Salminen

Topic of the Master's Thesis:

Digitalisation in energy business

Instructor:

Tero Vartiainen

Degree:Master of Science in Economics
and Business Administration**Major:**

Computer Science

Degree Programme:Degree programme in computer
science**Year of Entering the University:**

2016

Year of Completing the Master's Thesis:

2019

Pages: 77

ABSTRACT:

Digitalisation is a common topic today, spoken by the governmental representatives and coined in the latest future visions. However, there is no established explanation for the term "digitalisation". Therefore it would be beneficial to know about the contents of the term. Energy business is one of the areas widely affected by the digitalisation, so that in usual comparison about the state of the digitalisation the companies in the field of energy are usually dominant. By explaining the effect of the digitalisation to the energy business we may grasp a basic concept of the digitalisation. However, we must also know about the basic structure of energy business before tackling to the digitalisation, as the structure of the energy business affects how the digitalisation works in the field.

This research was done about the digitalisation in energy business; digitalisation was working as a keyframe in the research. Sources for this research were: books of the energy- and IT- fields, Internet sources such as scientific articles, magazines in the energy business and the interviewed specialists of the field. The purpose of the research was to establish a descriptive analysis of the phenomenon. The research is done with qualitative research methods and phenomenographical approach to the subject. The research also includes: theme interview, summative content analysis and a case study.

As a result a typical "result space" of the phenomenographical analysis was achieved. In the energy business the digitalisation was visible in the appearance of the Internet of Things, advanced automatics, the use of the cloud based systems and advanced mobile technologies. Big data has long been an established fact in the energy business as a measurement data, but only now it has been named as a big data and the amount of the data was expanding as an effect of the IoT. Advanced automatic systems have been long present in the field and they were developing towards robotics. However the field was lacking in the use of artificial intelligence, virtual reality, augmented reality and 3D printing. It was visible that the nature of the energy business did not have any natural space for such technologies in their current state. In the future the development of the technologies in the field of digitalisation and their availability might increase the use of those technologies in the field of the energy business.

KEYWORDS: digitalisation, digitalization, industrialisation

1 JOHDANTO

”Digitalisaatio” vaikuttaa olevan yksi nykyajan muotisanoista. Viimeaikoina digitalisaatio on ollut pinnalla yhtenä Suomen hallituksen kärkihankkeista. Vuonna 2016 julkistetun kärkihankkeen tavoitteena on ollut tuottavuusloikka julkisissa palveluissa ja yksityisellä sektorilla, käyttäen digitalisaation mahdollisuuksia. Vaikka kärkihankkeessa digitalisaation hyödyt nähdään julkisten palveluiden norminpurkutalkoissa, digitalisaatio on tarkoitus ulottaa myös yksityiselle sektorille myöntämällä tukea hankkeille, joissa hyödynnetään robotiikkaa, analytiikkaa, sekä muita digitaalisia keinoja. Kärkihankkeen elinkaareksi on suunniteltu 10 vuotta ja tavoitteet on asetettu vuoteen 2025, näin ollen digitalisaatio on ja tulee olemaan vaikutuksineen vielä vuosia keskeisenä osana Suomalaista yhteiskuntaa. (Valtiovarainministeriö 2016.)

Suomi on perinteisesti menestynyt digitalisaatiota mittaavissa tutkimuksissa. Tuoreimmassa Etlätiedon digibarometri – tutkimuksessa (2018) Suomi on kuitenkin tippunut kolmannelle sijalle digitalisaation asteessa, sijoittuen aiempaan vuonna toiseksi ja sitä edeltävänä vuotena kärkisijalle. Tutkijat epäilevät syyn olevan, pikemmin muiden maiden nopeassa digitaalisuuden käyttöönotossa ja kilpailun kovenemisessä, kuin siinä että Suomi olisi taantumassa. (Etlätieto 2018.)

Suomen digimenestyjät 2019 – tutkimus sen sijaan etsi ja arvioi Suomalaisten yritysten digitaalista osaamista ja kilpailukykyä yrityksittäin ja aloittain. Tutkimuksen mukaan energia-ala on (teleoperaattorien, vedonlyönnin, sekä matkailun jälkeen) neljänneksi vahvin digitaalisen osaamisen ryhmittymä. Tutkimuksessa pärjäsivät erityisesti energia-alan yritykset: Helen ja Fortum. Energia-ala on muutenkin menestynyt digimenestyjät – tutkimuksissa, kuten edeltävän vuoden digimenestyjät (2018) – tutkimuksen voittajaksi selviytynyt Konecranes, joka edustaa myös energia-alaa. Verrattaessa digitaalista markkinointia ja tuotekokemusta, verkkokauppaa, asiakkuutta, mobiilipalveluja ja sosiaalista mediaa energia-ala tuntuu olevan hyvin vertailukelpoinen muihin aloihin. (Magenta Advisory 2018.)

Energia-ala on muutenkin yksi Suomen merkittävimpiä ammattialoja. Viimeisten vuosikymmenten ajan sähköala on ollut Suomen nopeiten kasvava toimiala. Nykyisin alalla työskentelee yli sata tuhatta Suomalaista, muodostaen noin vajaat 10% Suomen kansantuotteesta ja noin 30% Suomen viennistä. (Sähköala 2018.)

Vaikka energia-ala onkin Suomessa, jopa kansallisesti tärkeä ammattiala, sen digitalisaatiota on tutkittu suhteellisen vähän. Energia-alasta tulee helposti mieleen sähköyhtiöt ja heidän sähköjakeluverkkonsa. Sähköverkot ovatkin tärkeä tutkimuskohde myös digitalisaation kannalta, koska niistä on esineiden Internetin (IoT) myötä kehittymässä ”älykkäitä sähköverkoja”. Energia-ala kattaa kuitenkin myös muita sähköön ja energiaan liittyviä ilmiöitä, kuin sähköverkkojen valvonnan. Julkisten työ- ja elinkeinopalvelujen Ammattinetissä (2018) energia-ala käsittää sähkön lisäksi lämmön- ja kylmäsiirron. Lisäksi Ammattinetin (2018) mukaan, energia-alalle kuuluvat sähkötekniisten laitteiden valmistus, kone- ja metallialan laitteiden sähköistys, sekä sähkötyöt joita tehdään sähköverkkojen luomisen ja kunnostamisen lisäksi myös voimalaitoksille ja muille kiinteistöille. Sähköalalla on myös runsaasti alan suunnittelu-, konsultointi-, maahantuonti-, tukku- ja vähittäiskauppa-, sekä viranomaisvalvontatehtäviä. Alan työpaikkajakauma mukailee STULin jäsenyritysten rakennetta, johon kuuluu 20000 asentajaa ja noin 4700 toimihenkilöä. Toisin sanoen energia-ala on suurilta osin perinteinen käsityöläisala, joka valmistaa sähkökäyttöisiä laitteita ja vastaa eri kohteiden sähköistämisestä, hyvin pienellä digitalisaation vaikutuksella. Digitalisaatio sen sijaan vaikuttaa alalla sähköverkkojen kehityskulun lisäksi: suunnitteluun, valvomotoimintaan, rakennusautomaation kehitykseen, sekä kaupan, konsultoinnin ja viranomaisvalvonnan toimiin. Isoissa sähköalan yrityksissä sovelletaan usein myös tietojärjestelmiä, joilla pidetään kirjaa yrityksen henkilöstöstä, projektien tilasta, sekä taloudellisesta tilasta.

Kuitenkin, kuten sanottua, alan digitalisaatiota on tutkittu tähän asti suhteellisen vähän, vaikka ala tuntuukin pärjäävän hyvin digimenestyjiä kartoittavissa mittauksissa. Itsestään selvä tutkimuskohde alan digitalisaatiosta tuntuu olevan nykyisten älykkäiden sähköverkkojen kehityskulku. Lisäksi tutkimuksen ulottuminen sähköverkkojen lisäksi muualle energia-alalle luo tarpeen tutkia alalle tyypillisten työtehtävien, kuten

suunnittelun, sekä markkinoinnin murrosta digitalisaation myötä. Myös alan viestinnässä ja dokumentaatioissa on varmasti tapahtunut digitalisaation myötä suuri muutos paperin vaihtuessa sähköiseen muotoon. Tekstinkäsittelyohjelmien kehityksen ja sähköpostin käytön tutkiminen ei kuitenkaan tunnu olevan mielekäästä, tai edes alalle relevanttia. Tutkimuksen tavoite onkin siis pikemmin kartoittaa alalle tyypillisiä suuria trendejä ja vaikutuksia, kuin kartoittaa kaikkea mahdollista digitalisaation liittyvää alalla.

Tällä tutkimuksella on siis kolme tutkimuskysymystä, joille yritetään etsiä vastauksia:

1. Millaisia digitaalisia ratkaisuja energia-alalla käytetään?
2. Mitä digitalisaatiolle ominaisia ilmiöitä alalta löytyy?
3. Millaisia tulevaisuudennäkymiä energia-alalla on digitalisaation suhteen?

Toinen lähtökohta tälle tutkimukselle on se huomio, että energia-ala työllistää valtavasti myös pelkän IT-taustan omaavia ihmisiä ja trendi on vain kasvamaan päin. Tämä tutkimus on siis laadittu myös niille ihmisille, joilla ei ole aiempaa kosketusta energia-alaan, tietojärjestelmätieteiden ehdoilla. Periaatteessa tämän työn tavoitteena olisi siis yleistajuisen tietopaketin luominen energia-alan tietojärjestelmistä, niille ihmisille, jotka päätyvät työskentelemään energia-alan tietoteknisten ratkaisujen parissa.

2 AIHEPIIRIN JULKAISUHISTORIAA

Energia-alan digitalisaatiosta ja ylipäätään digitalisaatiosta on julkaistu suhteellisen vähän aiempaa materiaalia.

Filippov (2018) linkittää digitalisaation osaksi aiempia teknologisia mullistuksia. Aiempien teknisten mullistusten nähdään aiheuttaneen muutosta energiajärjestelmien tarpeisiin ja rakenteisiin, varsinkin sähköjakelun puolella, näin ollen tutkimuksen oletus on se, että myös digitalisaatio asettaa vaatimuksia uuden tyyppisille sähköjärjestelmille. Tulevaisuuden kysymykseksi sähköalalla nähdään sähköjakelun hajautuminen eri sektoreihin ja näiden sektorien kyky vastata kuluttajan tarpeisiin. Uusi robotiikka taas voi johtaa valtavaan akkukäyttöisten laitteiden buumiin, mikä (akkujen lataamisen yleistymisen myötä) muuttaa kulutustottumuksia niin, että sähköyhtiöiden tulee vastata siihen. Energiantuotannon puolella digitalisaatio taas voi aiheuttaa uusia kysymyksiä kyberturvallisuuden suhteen.

Römer (2017) taas näkee digitalisaation suurimmaksi vaikutukseksi energia-alalla uusien toimintamallien löytymisen, joiden hyödyntäminen muokkaa koko alan kenttää. Römer näkee äärimmäisen tärkeänä tässä murroksessa uusien ideoiden nopean käyttöönoton. Esimerkkinä idean työstämisestä liiketoimintamalliksi esitetään viiden kohdan mallia, johon kuuluu: ymmärtäminen, ideointi, valikoiminen, kehittäminen ja kokeileminen.

IEA, eli International Energy Agency, eli Kansainvälinen energiayhteisö on julkaissut kirjan *Digitalization & Energy* (2017), joka käsittelee energia-alan digitalisaatiota. Energia-alalla uskotaan olevan potentiaali noin 5%:n säästöön tuotantokustannuksista, eli noin 80 miljardin dollarin säästöön. Säästö koostuu: käyttö ja ylläpitokulujen vähenemisestä, voimalaitosten ja jakeluverkkojen tehokkuuden kasvusta, ylläpitokatkojen vähenemisestä ja laitteiston käyttöiän kasvusta. Digitalisaation murroksen odotetaan siis pohjimmiltaan tapahtuvan siinä, miten laitteistoa pystytään huoltamaan ja pitämään kunnossa tulevaisuudessa.

3 TUTKIMUSMENETELMISTÄ

3.1 Tutkimusmenetelmien rajaus

Tämän tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus on olla kartoittava tutkimus digitalisaation suhteen ja tässä tutkimuksessa digitalisaation tapahtumakentäksi on rajattu energia-ala. Kartoittavan tutkimuksen tarkoitus on katsoa mitä tapahtuu, etsiä uusia näkökulmia, selvittää vähän tunnettuja ilmiöitä, sekä kehittää hypoteeseja. Tutkimuksessa suoritetaan myös pienimuotoisesti ennustavaa tutkimusta, jossa ennustetaan tapahtumia ja toimintoja, jotka energia-alalla tapahtuvat digitalisaation seurauksena. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009: 138-139.) Ennusteiden esittäminen ei ole kuitenkaan tämän tutkimuksen pääasiallinen tarkoitus, koska ennusteita on usein helppo esittää, mutta vaikea perustella millään faktalla.

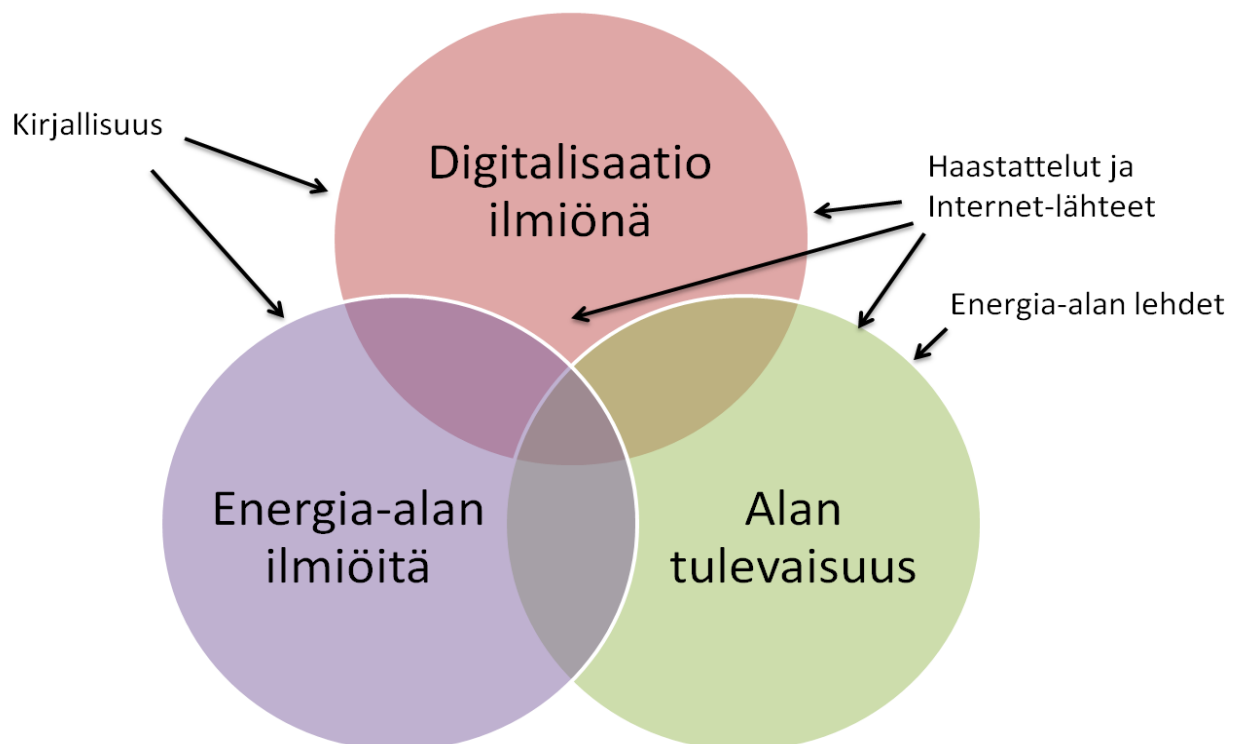
Tämän kartoittavan tutkimuksen rakenne noudattaa fenomenografista tutkimusta, joka sananmukaisesti viittaa ilmiöstä kirjoittamiseen. Fenomenograafisessa tutkimuksessa tutkitaan ihmisten tapaa kokea jokin tietty asia. Ihmisten käsitykset samasta asiasta voivat olla hyvin erilaisia, riippuen useammasta eri syystä. Käsityksiä pidetään dynaamisina eli muuttuvina ilmiöinä. Fenomenografian näkökulmassa on kuitenkin vain yksi maailma, josta ihmisillä on erilaisia käsityksiä. Menetelmän tavoitteena on, kuten useimmissa muissa laadullisen tutkimuksen menetelmistä, muodostaa teoria tutkittavasta ilmiöstä. Fenomenografisen tutkimuksen tulosta kutsutaan usein myös tulosavaruudeksi, joka on muodostettu tutkittavan ilmiön ympärille. (Metsämuuronen 2008: 34-36.)

Fenomenografinen tutkimus voi olla määrällinen tai laadullinen. Kuitenkin fenomenografia on useimmiten laadullista tutkimusta ja tämänkin tutkimuksen pääasiallinen tutkimusmenetelmä on kvalitatiivinen, eli laadullinen tutkimus. Siinä missä kvantitatiivisen, eli määrällisen tutkimuksen ytimessä on kysymys ”Kuinka paljon?”, laadullinen tutkimus pyrkii vastaamaan kysymykseen ”Millä tavalla?”. Laadullisen tutkimuksen lähtökohta on todellisen elämän kuvaaminen ja maailman

moninaisuus. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään tutkimaan ilmiötä kokonaisvaltaisesti. Yleisesti ottaen laadullinen tutkimus ei pyri todistamaan tai kumoamaan mitään väitettä kokonaisvaltaisesti, vaan löytämään tosiasioita ilmiön ympäriltä. (Hirsjärvi ym. 2009: 160-161.)

Suoritettavaa fenomenograafista tutkimusta laajennetaan tässä niin, että aihepiiristä suoritettu teemahaastattelu käydään läpi tapaustutkimuksen keinoin. Tapaustutkimukseen yleensä liittyvä kysymys on ”Mitä voidaan oppia yksittäisestä tapauksesta?”. Tapaustutkimuksessa tapahtuvalla yksittäisen tapauksen havainnoinnilla pyritään luotaamaan aihepiiriä syvemältä ja luoda lisäanalyysiä kompleksisesta ilmiöstä. (Metsämuuronen 2008: 16-18.)

3.2 Tutkimussuunnitelma



Kuvio 1. Tutkimussuunnitelma

Tutkimussuunnitelma etenee seuraavalla tapaa: aihetta pohjustetaan ensin kertomalla digitalisaatiosta ilmiönä vastaten kysymyksiin ”Mitä, missä, miten ja milloin?”, seuraavaksi pohjustetaan energia-alan ilmiöitä niin että lukija hahmottaa mistä energia-alasta on kyse ja millaisissa alan sovelluksissa digitalisaatio muokkaa kenttää, lopuksi fenomenograafisen tutkimuksen muodostaman tulosavaruuden avulla pystytään luomaan yleiskuva missä alalla ollaan menossa ja millainen on alan tulevaisuus. Tutkimuksen pääkehys on digitalisaatio, eli merkittävä tutkimusta on digitalisaation tutkiminen käsitteenä, kuitenkin niin että raportissa digitalisaatiota käsitellään yleisellä tasolla noin kolmasosan ajan tutkimuksen pituudesta. Tutkimus on myös rajattu energia-alalle, eli suuri osa tutkimuksesta on energia-alan ja sen sisältämien konseptien määrittämistä, jotta voidaan ymmärtää mihin digitalisaatio vaikuttaa. Erityisen kiinnostuneita olemme siitä alueesta, jolla energia-ala kohtaa digitalisaation, näin energia-alan määrittely tyypistyy paljolti niihin tehtäviin joihin digitalisaatio vaikuttaa ja digitalisaation määrittelyn ei ole tarkoitus olla kaikenkattava selitys siitä kaikesta miten digitalisaatio voi muuttaa maailmaa. Tällä pohjalla voimme muodostaa tulosavaruuden tutkittavasta kentästä ja lopuksi esittää sen perusteella myös joitain nousevia trendejä ja tulevaisuudennäkymiä energia-alalta.

3.3 Aineiston rajaus

Vaikka tutkimustyyppinä on monenlaisia, aina määrällisistä laadullisiin, tietyt aineistonkeruutyypit toistuvat tutkimuksesta toiseen ja ne ovat: kysely, haastattelu, havainnointi, sekä dokumenttien käyttö. Voidaankin puhua aineistonkeruun perusmenetelmistä. (Hirsjärvi, ym. 2009: 191-192.) Tässä tutkimuksessa aineistonkeruuta suoritetaan haastatteluilla ja dokumentteja soveltamalla.

Digitalisaatiosta puhuttaessa energia-alalla, ei voida välttyä siltä, että alan suurin tekninen mullistus keskittyy sähköverkkoihin, jotka ovat ”älylaitteiden” käyttöönoton myötä kehittämässä älykkäiksi sähköverkoiksi. Pehdyttyä tarkemmin tähän yhteen tutkimuksen pääosioon on selvää, että haastatteleamalla ja kyselemällä on helposti saatavissa lisätietoa asiasta, koska dokumentaatiota on vielä suhteellisen vähän. Yksi

tutkimuksessa energia-alan erityispiirteiden selvittämiseen käytettävä menetelmä onkin siis haastattelu.

Teemahaastattelulle ominainen piiri haastattelun lajina on se, että jokin haastattelun näkökohta, tässä siis keskittyminen energia-alan digitalisaatioon, on lyöty ennalta lukkoon. Teemahaastattelua kutsutaan usein myös kohdistetuksi haastatteluksi, koska haastattelun kohdehenkilö on valittu aihepiiriin sopivasti. Teemahaastattelu on kuitenkin muodoltaan puolistrukturoitu haastattelu ja jopa lähempänä strukturoimatonta haastattelua. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että haastattelun kulku jätetään kohtalaisen avoimeksi, eikä valmiita kysymyksiä juurikaan esitetä ja ainoastaan keskustelun aihepiiriä rajataan haastattelun edetessä. Tilanne lähenee siis strukturoimatonta syvähaastattelua, jossa haastateltava ei välttämättä edes tiedä mihin kysymyksiin hän on tullut vastanneeksi. (Hirsjärvi & Hurme 2008: 47-48.)

Teemahaastattelun lisäksi tässä tutkimuksessa käytetään tiedonhankintamenetelmänä myös strukturoitua asiantuntijahaastattelua. Nimensä mukaisesti strukturoitu haastattelu tarkoittaa eräänlaista lomakehaastattelua, jossa kysymysten muoto ja esitysjärjestelmä on täysin määrätty. (Hirsjärvi, ym. 2009: 208.) Tässä tutkimuksessa lomakehaastattelua suoritettiin sähköpostin välityksellä.

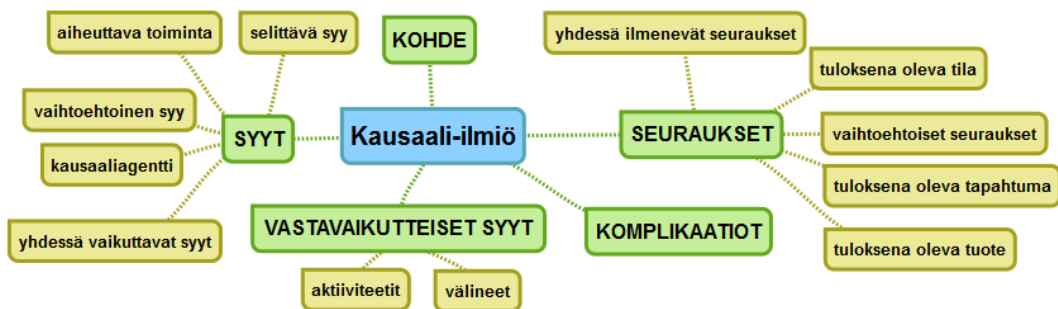
Dokumenttilähteenä toimii alan kirjallisuus, jolla saadaan aikaan pohjustusta alaan ja alan historialle. Toinen tärkeä dokumenttilähde on alan lehdistö, jonka juttujen, uutisten sekä asiantuntijahaastatteluiden perusteella saadaan kuvaa alan nykytilasta ja mahdollisista tulevaisuudennäkymistä. Tässä tutkimuksessa käytettävät lehdet ovat: Sähköala, Sähkömaailma, Sähkö & Tele sekä Tivi. Kolme ensin mainittua ovat paperilehtiä, Tiviä taas käytetään verkkojulkaisujen perusteella. Verkkohaut ja paperilehtien selaus tehdään kvalitatiivisena sisällönanalyysinä, jota suoritetaan summatiivisena. Toisin sanoen tutkielmaan sisältyvä lehdistöanalyysi suoritetaan siten, että analysoitavista lehdistä valikoidaan avainsanojen, kuten ”digitalisaatio”, perusteella artikkeleita jotka kertovat energia-alan digitalisaatiosta, jonka jälkeen kyseisistä artikkeleista suoritetaan laadullista tutkimusta siitä miten digitalisaatio näkyy energia-alalla. Kvalitatiiviseen summativiseen sisällönanalyysiin sisältyy usein myös meta-

analyysi, jossa kerrotaan hakutuloksissa löytyneiden osumien määrä. (Salo 2015) Tässä tutkimuksessa meta-analyysiä ei ole kuitenkaan otettu mukaan, koska tutkittujen artikkeleiden määrä jää suhteellisen pieneksi, eikä osumien määrästä voi näin ollen tehdä mitään lisäpäätelmiä asioiden relevanssista alalla tai mistään alan trendeistä.

3.4 Tutkimuksessa käytetyt työkalut

3.4.1 Kausaalisuhteinen käsittekartta

Nimensä mukaisesti kausaalisuhteinen käsittekartta rakentuu syyn ja seurauksen ympärille. Muita kausaalisuhteisen käsittekartan osuuksia (varsinkin lääketieteessä) ovat syyn ja seurauksen ympärille nivoutuvat: oireet, komplikaatiot, potilaat, sekä vastavaikutteiset syyt. (Nuopponen 2008)



Kuvio 2. Kausaalisuhteisen käsittekartan pohja

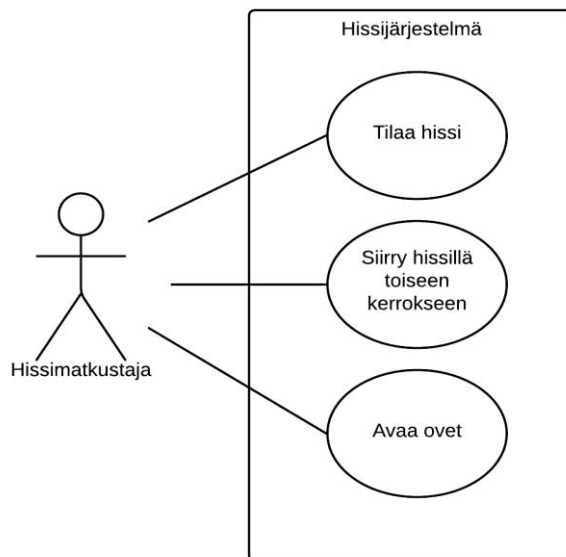
Kausaalisuhteinen käsittekartta rakentuu tutkittavan kausaali-ilmiön ympärille. Kausaali-ilmiöllä on syiden ja seurauksien lisäksi usein muttei aina: kohde, vastavaikutteisia syitä ja komplikaatioita. Kuvitellaanpa, että kausaali-ilmiö olisi allergia, silloin ilmiön kohde olisi potilas. Mitä tulee syihin, niin esimerkiksi allergiassa: aiheuttava toiminta olisi altistuminen, selittävä syy yliherkkyys ja kausaaliagentti aine joka aiheuttaa allergisia oireita. Toisaalta allergiassa ei ole helposti löydettävissä yhdessä vaikuttavia tai vaihtoehtoisia syitä. Esimerkiksi lentopelossa aiheuttava toiminta olisi lentomatkustaminen, selittävä syy aerofobia ja yhdessä vaikuttavia syitä olisivat huonot kokemukset lentämisestä ja turbulenssi, koska ne voivat pahentaa aerofobian

aiheuttamia negatiivisia tuntemuksia. Lentopelon vaihtoehtoisia syitä olisivat taas klaustrofobia ja matkapahoinvointi, joita voi esiintyä lentokoneessa ja aiheuttaa lentopelon kaltaista ahdistusta mutteivät ole sidoksissa aerofobiaan. Kausaali-ilmiön vastavaikutteisia syitä ovat aktiviteetit ja välineet. Kausaali-ilmiön ollessa kasvihuoneilmiö, vastavaikutteisen syyn aktiviteetti olisi saastuttamisen vähentäminen. Kausaali-ilmiön ollessa jonkin sairaus, vastavaikutteisen syyn väline olisi lääke tai rokote. Komplikaatiot ovat taas seuraamuksia kausaali-ilmiöstä, eli kausaali-ilmiön ollessa sairaus, komplikaatio voisi olla jälkisairaus. Kausaali-ilmiöllä on myös aina syyn lisäksi seuraus (muuten kyse ei ole kausaali-ilmiöstä). Seurauksena voi olla jokin tila, tuote, tai tapahtuma. Kausaali-ilmiön ollessa sairaus tuloksena oleva tila voi olla vaikka kuume, tuloksena oleva tuote ihottuma, sekä tuloksena oleva tapahtuma hoidettavaksi joutuminen. Seurauksena voi olla myös yhdessä ilmeneviä ja vaihtoehtoisia seurauksia. Kausaali-ilmiön ollessa rantaloman viettäminen, tuloksena oleva tapahtuma voi olla meressä uiminen ja Auringonotto, mutta yhdessä ilmenevä seuraus voi olla jäätelön syöminen ja janojuomien juonti ja näistä voi seurata vaihtoehtoisia seurauksia, jos aika menee johonkin muuhun kuin uintiin ja Auringonottoon.

3.4.2 Käyttötapauskaavio

Käyttötapauskaavio on yksi UML-mallinnuksen metodeista. UML-mallinnuksen tarkoitus on luoda järjestelmä- ja ohjelmistokehitykselle standardoitu mallinnusmenetelmä, jonka pohjalta voidaan hahmottaa kehitettävän sovelluksen vaatimuksia ja ominaisuuksia. UML sai alkunsa vuonna 1994, kun James Rumbaugh ja Gary Booch aloittivat kehitystyön kohti mallinnusmenetelmää, joka yhdistäisi aiempia tunnettuja metodeja. Vuonna 1995 tiimiin liittyi Ivar Jacobson, jonka asiantuntemuksen myötä projektin maaliksi tarkentui standardikielen luonti mallintamiseen. Tässä vaiheessa projektin nimeksi vakiintui UML (Unified Modeling Language), eli vapaasti suomennettuna: Yhdistetty ohjelmointikieli. Laajan tutkimustyön myötä ensimmäinen versio UML:stä ilmestyi Tammikuussa 1997. Nytemmin UML on jonkinlainen laajasti käytetty standardi eri teollisuuden aloilla. (Eriksson & Penker 1998: 5.)

UML:ssä käyttötapauksia kuvataan käyttötapauskaavioilla. Käyttötapauskaavio sisältää kuvattavan järjestelmän elementit, käyttäjät, sekä käyttötapaukset ja osoittaa näiden osasten yhteyden toisiinsa. Kuvattava järjestelmä, joka ei ole välttämättä tietokoneohjelma, vaan se voi olla myös jokin kone tai toiminto, kuvataan laatikkona joka sisältää järjestelmän nimen ja käyttötapaukset. Käyttäjä on toimija, joka on vuorovaikutustilanteessa järjestelmän kanssa. Käyttäjä voi olla ihminen, tai toinen järjestelmä. Järjestelmän käyttäjiä merkataan yleensä tikku-ukolla. Järjestelmän käyttötapaukset ovat aina käyttäjien käynnistämiä. Käyttötapaukset kerrotaan käyttötapauskaavioissa yleensä selvällä tekstillä. Myös käyttötapausten välillä voi olla erilaisia riippuvuusyhteyksiä, jotka ovat yleensä muotoa extend (eli ”sisältää”), tai uses (eli ”käyttää”). (Eriksson & Penker 1998: 47-64.)



Kuvio 3 Esimerkki käyttötapauskaaviosta

Kuvio 3 on esimerkkikuva käyttötapauskaaviossa, jossa kuvataan hissien käyttäjän eri käyttötapaukset. Periaatteessa hissien käyttäjällä on kolme eri käyttötapausta, mitkä vaativat eri toimintoja hissiltä. Mikäli hissi on jossain muussa kerroksessa, kuin missä hissien käyttäjä on, hissi pitää tilata samaan kerrokseen. Huomionarvoista tässä on se, että hissien tilausnappi ei ole hissikorin sisällä, vaikka käyttötapauskaavio näyttää siltä, vaan hissikuiluun johtavan oven luona. Hissien tilaukseen kuuluu hissikorin liikkuminen kerrokseen, johon se on tilattu ja ovien aukeaminen, jotta käyttäjä pääsee hissikoriin.

Hissikorissa käyttäjä voi haluta kahta asiaa: joko peruttaa siirtymisen hissillä ja aukaista ovet päästääkseen takaisin käytävään, tai hissikorin kuljettavan hänet haluamaansa kerrokseen. Käyttötapausten määrästä näkee, että hissikorissa pitää olla vähintään kaksi painonappia kummallekin käyttötapaukselle ja hissien ulkopuolella jokaisessa kerroksessa pitää olla hissille kutsunappi. Todellisuudessa, jos kyse ei ole kaksikerroksisesta rakennuksesta, jokaiselle kerrokselle on hyvä laittaa koriin oma painonappinsa, jottei tarvitse pysähtyä joka kerroksessa. Lisäksi hississä on usein myös painonappi ovien sulkemiselle, vaikka ovet sulkeutuvat nykyaikaisissa hisseissä automaattisesti. Myös hälytysnappi on yleinen, hissien vikaantumisen varalta. Lisäksi hissijärjestelmässä on yleensä myös painikkeita, jotka ovat tarkoitettu esim. hissijärjestelmän huoltajia varten.

4 DIGITALISAATIO ILMIÖNÄ

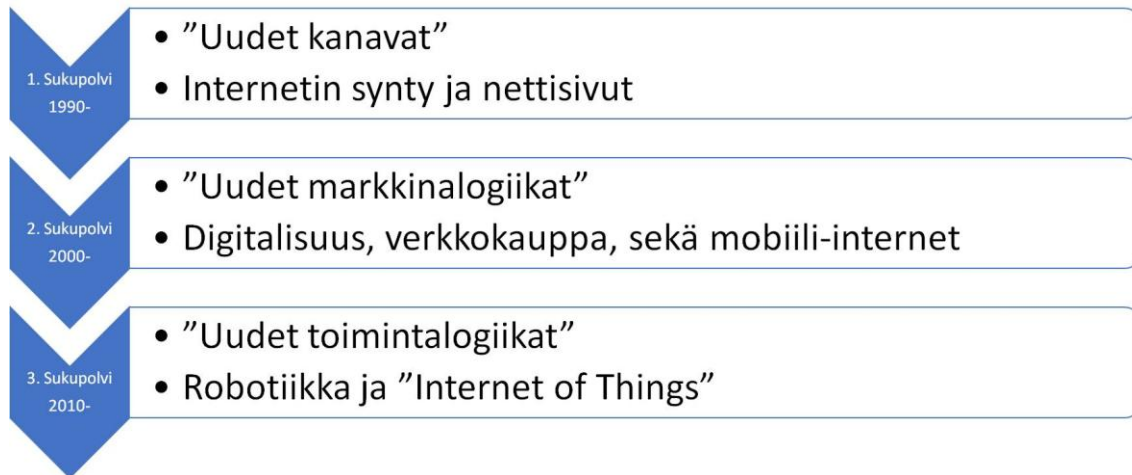
Digitalisaatiosta on ryhdytty puhumaan viime vuosina, mutta sille ei ole kunnollista määritelmää ja sitä usein selitetään esimerkein. Digitalisoituminen on tekijä, jonka voidaan tulkita aiheuttavan digitalisaation. Digitalisoituminen on tapahtuma, jossa analoginen muuttuu digitaaliseksi, kuten äänilevy suoratoistomusiikiksi. Digitalisoituminen ei kuitenkaan yksinään johda digitalisaatioon, vaan digitalisaatio vaatii taakseen myös asiakaskäytöksen muutosta. Digitalisaatiossa aiemmat menetelmät korvataan uudemmilla, kuten kivijalkakauppojen vaihdoksessa verkkokauppaan. (Ilmarinen 2015: 17-19.)

Periaatteessa digitalisaatio voidaan sitoa samaan jatkumoon 1700-luvun lopussa alkaneeseen teolliseen vallankumoukseen. Ensimmäinen teollinen vallankumous toi mukanaan termin mekanisaatio, joka käsittää lähinnä työvälineiden muuttumisen entistä monimuotoisemmiksi. Mekanisaation kehityskulun voidaan kuitenkin katsoa alkaneen jo aiemmin, kuin ensimmäisen teollisen vallankumouksen mukana vuoden 1785 tienoilla, esimerkkinä vaikka sahateollisuuden siirtyminen vesivoimalla toimiviin sahoihin, joka tapahtui Suomessakin jo 1500 – luvulla. Itse asiassa mekanisaation kehitysaskeleita on tapahtunut hitaasti jo antiikin Kreikan jälkeen, jossa mekanisaatiota rajoitti orjatyövoiman käyttö. Orjat eivät ole teknologinen keksintö, mutta saivat jo Aristoteleen ajattelemaan koneiden käyttöä työvoimana. Mekanisaatio on tuonut mukanaan myös käsitteen teknologisesta työttömyydestä, jossa koneet korvaavat työntekijöinä ihmisiä, josta on puhuttu jo vuosisatojen ajan, mutta se on ollut viimeksi pinnalla 1930 – luvun laman aikana ja unohtunut toisen maailmansodan jälkeisen talouskasvun seurauksena. Myös kolmannen teollisen vallankumouksen katsotaan alkaneen toisen maailmansodan jälkeen ja se käsittää automaation esiinmarssin, joka yleistyi terminä Fordin perustaessa automaatio- osaston vuonna 1947. (Marttinen 2018: 9-40) Automaatio itsessään on huomattavasti vanhempaa perua, kuin toisen maailmansodan jälkeinen ilmiö. Jo muinaisissa kastelujärjestelmissä oli alkeellisia automaatiojärjestelmiä, jotka säännöstelivät vettä sopivina annoksia kasveille ilman jatkuvaa valvontaa. Myös legendaarinen Leonardo da Vinci (1452-1519) sovelsi

alkeellisia automaatiojärjestelmiä laitteissaan. Varsinaisesti James Wattin (1736-1819) höyrykoneen pyörimisnopeuden säätölaite, aiheutti höyrykoneen läpimurron ja voidaan jo laskea kehittyneemmäksi automaatiojärjestelmäksi. Se mitä toisen maailmansodan jälkeen tapahtui, oli lähinnä prosessiautomaation lopullinen läpimurto. Prosessiautomaatio on osa teollisuusautomaatiota, joka koostuu mittalaitteista, toimilaitteista ja tietokonepohjaisista automaatiojärjestelmistä, sekä niiden ohjelmistoista. (Kippo 2008: 10-11.) Digitalisaation voidaan siis katsoa olevan osa kolmatta teollista vallankumousta ja toisen maailmansodan jälkeistä trendiä automaation yleistymisestä. Tämäkin määrittely on kiistanalainen, sikäli että uusien kirjallisuus eriyttää Internetin, 3D tulostuksen, genetiikan tutkimuksen ja ylipäättään saavutukset joihin on tarvittu tietokonetta työvälteenä neljänneksi teolliseksi vallankumoukseksi, kun taas elektroniikan, tietokoneiden ja robottien tulo merkkäävät kolmatta teollista vallankumousta. (Xu 2018) Digitalisation määrittely on siis hankalaa, ehkä myös siksi, että historiankirjoitus ja asioiden määrittelyt kirjoitetaan usein vasta tapahtumien jälkeen ja digitalisaatio on nyt liikkeellä oleva trendi.

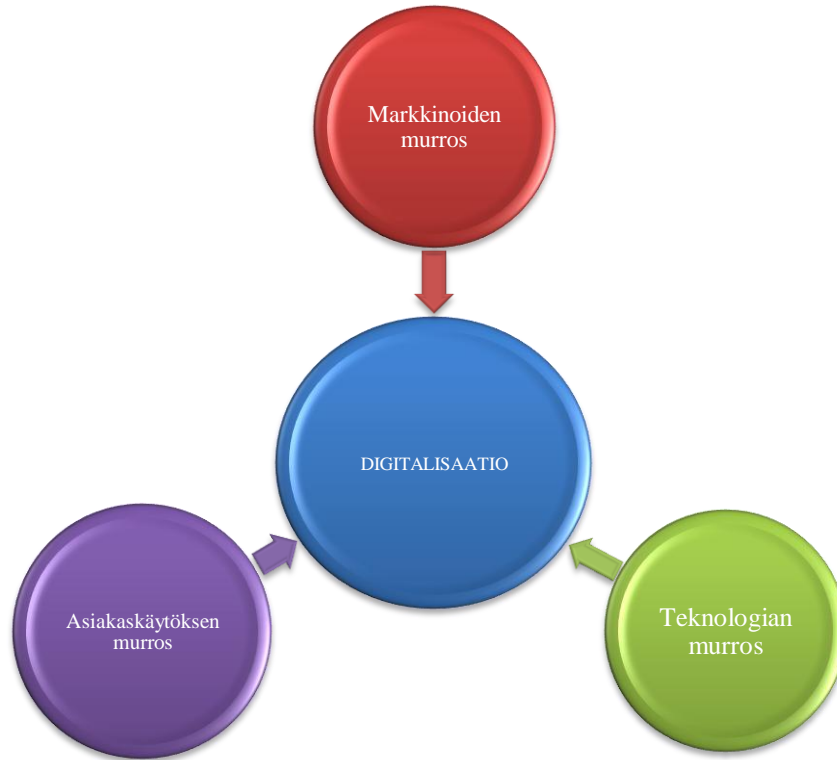
Digitalisaatio voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri aaltoon. Ensimmäinen aalto lähti liikkeelle 1990 – luvulla, kun 1990- luvun lopussa alettiin puhua e-busineksesta ja suurista mullistuksista. Vastaavasti ICT-alan tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner esitti näkemyksen, jonka mukaan tulevaisuudessa yritykset eivät jakaudu e-businekseen ja perinteisiin yrityksiin, vaan kaikki yritykset ovat netissä, osalla yrityksistä e-business on vain toiminnan oleellinen osa. Nytemmin suuri osa 1990 –luvun ennustuksista ja visioista on toteutunut, eli digitalisation ensimmäisen aallon vaikutukset ovat jo arkipäiväisiä. Digitalisaation toinen sukupolvi alkoi noin 2000 – luvun alusta. Toisen sukupolven digitalisaatiossa markkinat alkavat muuttua digitalisaation mukaisiksi ja kansainvälinen nettikauppa sekä mobiili-internet toimivat tämän aallon lippulaivoina. Digitalisaation kolmas aalto ilmeni ensimmäisen kerran noin 2010- luvun alussa, mutta sen tulo on vieläkin vuoden 2018 lopussa vaikutuksineen suuri kysymysmerkki. Digitalisaation kolmanteen sukupolveen kuuluvat vahvasti esineiden Internetin ja robotiikan tulo jokapäiväiseen elämään. Tietenkään digitalisaatiota ei voi aidata näin tiukasti aikajanelle, koska asioiden alkukohtien määrittäminen on vaikeaa. Digitalisaatiossa ei ole myöskään kyse eri sukupolvien peräkkäisestä suorittamisesta,

vaan kyse on jatkuvasta kehityskulusta, jossa digitalisaation, tietokoneiden ja tietojärjestelmien käytön astetta pystytään kasvattamaan jatkuvasti. Edes ensimmäisen sukupolven digitalisaatio ei ole vielä täysin tapahtunut niissäkään osissa maailmaa, jossa olisi edellytykset siihen, vaan ihmiset siirtyvät pikkuhiljaa siihen. (Ilmarinen 2015: 22-23.)



Kuvio 4. Digitalisaation kehityskulku Ilmarisen (2015) mukaan

Yrity maailman näkökulmasta digitalisaatioon liittyy myös kolme murrosta: asiakaskäytöksen-, teknologian-, sekä markkinoiden murrokset. Asiakaskäytöksen murroksen myötä ihmiset hankkivat tietoa Internetistä ja siihen liittyy vahvasti sosiaalisen median käyttö. Asiakaskäytöksen murroksen myötä yritysten tulee oppia ymmärtämään asiakkaidensa tarpeita, koska asiakkaat ovat entistä tietoisempia tarpeistaan ja siitä miten niitä tarpeita voidaan tyydyttää. Teknologian murros sen sijaan mahdollistaa digitalisaation, koska murroksen myötä uusi teknologia on halvempaa kuin koskaan aiemmin. Yrityksen onkin teknologian murroksen myötä entistä tärkeämpää ymmärtää miten ja mihin sitä uutta teknologiaa voidaan soveltaa. Kolmas murros, eli markkinoiden murros taas muodostuu digitalisaation aiheuttamasta globalisaatiosta, toimialan ja -kenttien laajenemisesta sekä uudistuvasta markkinoiden sääntelystä. Digitalisaation aiheuttaman markkinoiden murroksen myötä yrityksille tarjoutuu sekä nopea mahdollisuus tavoittaa uusia asiakkaita, mutta myös riski uusien kilpailijoiden syntymisestä. (Ilmarinen 2015: 35-50.)



Kuvio 5. Digitalisaation kolme murrosta Ilmarisen (2015) mukaisesti

Yksi digitalisaation lähtökohdista on teknologian murros ja siihen liittyvä digitalisaatio. Digitalisaatio tarkoittaa asioiden muuttumista perinteisten analogisten muuttumista digitaaliseen muotoon, mutta sen takana ei ole välttämättä (vielä) asiakaskäytöksen murrosta, vaikka se voi olla markkinakentän pakottama. Yksi nykyajan suurista muutoksista yritysmaailmassa on siirtyminen paperittomiin toimistoihin, joka on itsessään digitalisoinnin muoto, joka voi vaikuttaa siirtymään kohti digitalisaatiota. Paperittomiin toimistoihin siirtyminen tarvitsi taakseen tietotekniikan kehittymistä ja integroitumista yritysmaailman organisaatioihin, ennen kuin siitä tuli varteenotettava ratkaisu liikemaailmassa. Nyt, kun tietokoneiden käyttö ja erilaiset tietojärjestelmät ovat sulautuneet lähes saumattomasti työpaikoille, paperittomuuden tavoittelulla voidaan saavuttaa: laadullisia, taloudellisia, sekä työtehoa parantavia muutoksia työyhteisöön. Kaiken lisäksi paperin vähentäminen säästää luontoa. Kuitenkaan muutos paperittomaan toimistoon ei ole aivan yksioikoinen. Paperiton toimisto tarvitsee laitteistojen lisäksi taakseen IT-osaamista ja panostuksia muutokseen, jotta tiedon organisointi ja kulku

eivät heikkene paperiin perustuvista järjestelmistä. Toinen suuri asia siirtymässä paperittomaan toimistoon on yrityksen kulttuurillinen muutos, jolle löytyy varmasti myös muutosvastarintaa. Kuitenkin yritysten tulisi tässä vaiheessa teknologista murrosta tavoitella paperittomuutta, koska sen edut ovat selkeästi haittoja suurempia. (Orantes-Jiménez 2015) Tavoite paperittomuudesta toimii myös digitalisaation asiakaskäytöksen murroksen kautta. Yksi selvimmistä esimerkeistä tästä on painettujen sanomalehtien lukemisen väheneminen, joka on johtanut profetioihin siitä, että painetut sanomalehdet ovat siirtymässä Internetiin, sekä lopettamassa paperisen julkaisutoimintansa.

IoT, Internet of Things, esineiden Internet, asioiden Internet, tai teollinen Internet, asia jolla on monta eri nimeä, tarkoittaa ilmiönä Internetin leviämistä sekä teollisuuden työkaluiksi että arkipäiväisiin kulutuslaitteisiin, vaikuttaa vahvasti digitalisaation kehityskulkuun. Vaikka termi (”esineiden Internet”) kuuluu nykypäivänä jo lähes arkipäivän sanastoon, sille ei ole kiinteää määritelmää. Termiä Internet of Things käytettiin ensimmäistä kertaa yli 15 vuotta sitten Massachusettsin teknillisen korkeakoulun radiotaajuisen etätunnistuksen (RFID) laitteistojen yhteen kytkennästä. Myöhemmin termi on laajennut käsittämään muutakin, kuin radiotaajuisen etätunnistuksen aihepiiriä. Kansainvälisen televiestinnän liitto (ITU) määrittelee esineiden Internetin olevan ”Tietoyhteiskunnan globaali rakenne, joka mahdollistaa kehittyneet palvelut liittämällä (fyysisiä tai virtuaalisia) laitteita yhteiseen verkkoon.”. Asialle on esitetty kuitenkin useita muitakin selitysmalleja. Esineiden Internetin sovelluskohteet vaihtelevat suuresti, mutta sen lupaavimmat käyttökohteet ovat älykkäiden teollisuusratkaisujen ja automaation saralla. (Wortmann 2015)

Esineiden Internetin ja muun teknisen kehityksen myötä digitalisaatio tuo mukanaan myös pääsyn aiempaa suurempiin datamääriin. Häkellyttävää kyllä, sanalle data ei ole vielä kukaan kattavaa määritelmää, vaikka Oxfordin englannin sanakirja listasi termiä ”data”, käytetyn jo vuoden 1646 teologian terminologiassa. Helpoimman määritelmän mukaan data on joukko esiintymiä, havaintoja, objekteja ja muita kokonaisuuksia, joita voidaan käyttää tutkittavan ilmiön todisteina. Satunnaiset havainnot ja esiintymät, eivät ole välttämättä lainkaan dataa. Informaatioyhteiskunnan aikakaudella datasta muodostuu helposti myös big dataa, tai massadataa. Sanakirjamääritelmän mukaisesti

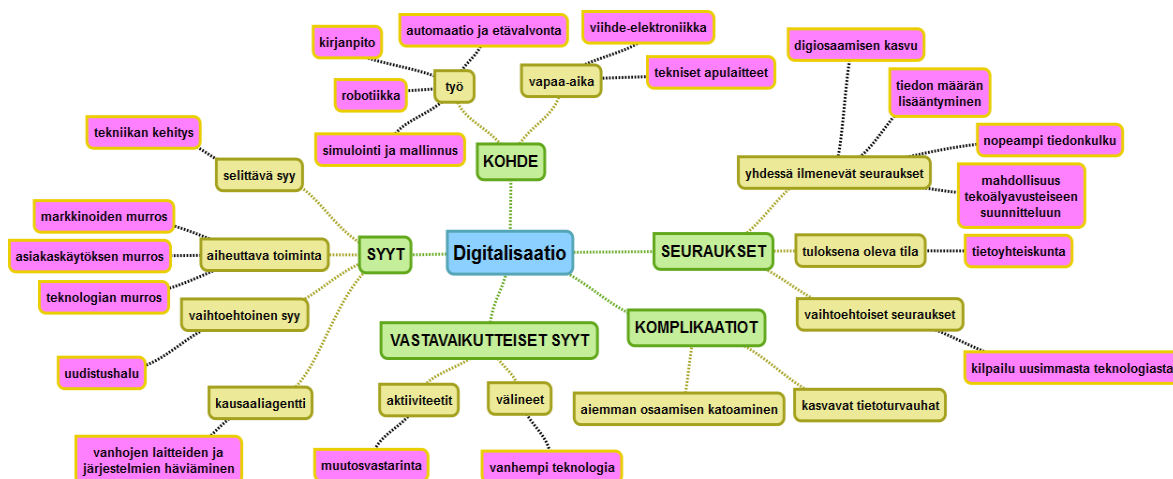
massadata on: huomattavan suuri määrää dataa, jopa niissä määrin suuri määrä että sen hallinta ja muokkaaminen aiheuttavat suurta vaivaa. Kuitenkin myös datan käyttö määrittää sitä, onko kyseessä massadataa, sikäli että massadatasta pystytään tekemään monimuotoista analyysiä, jolloin datan määrä ei ole välttämättä valtava, mutta sen käytettävyys tekee siitä massadataa. Dataa, joka ei ole big dataa kutsutaan small dataksi. (Borgman 2015: 3-15.) Small data on luonteeltaan sen kaltaista tietoa, mitä ihmisen on helppo ymmärtää ilman monimutkaista analyysiä.

Digitalisaation yhteydessä puhutaan usein myös tekoälystä. Ensimmäisen tekoälyksi tulkittavan ohjelman laativat Allen Newell, Herbert A. Simon, sekä Cliff Shaw vuosina 1955-1956. Alkuinnostus tekoälyä kohtaan ei kuitenkaan kestänyt, kun erikoistapauksissa toimivia ohjelmia ei saatu toimimaan yleisissä tapauksissa. Kylmän sodan aikaan, Yhdysvalloissa tutkittiin koneellista kielenkääntämistä vuosina 1954–1966, mutta tämäkin projekti lakkautettiin, kun ilmeni, ettei käytettävissä oleva tekoäly pysty haluttuun lopputulokseen. Vuonna 1981 Japani investoi miljardeja euroja ”viidennen sukupolven” tekoälyn kehittämiseen, mutta hanke haudattiin lopulta vähin äänin. Vuosituhannen vaihteen jälkeen tietokoneiden nopeus ja kapasiteetti ovat kasvaneet lähes rajattomasti. Nyt tietokoneiden suoritusteho riittää jo tekoälyyn, joka päihittää ihmisen shakissa tai Go-pelissä. Semantiikasta sen suhteen, milloin tekoäly vastaa ihmisen aivoja, voi olla montaa mieltä. On kuitenkin nähtävissä, että digitalisaation aikaa leimaa myös monimuotoisen tekoälyn saapuminen, jota voidaan soveltaa erityistehtävien lisäksi jo hyvin laajasti yleisiinkin tapauksiin. (Haikonen 2017: 27-30.)

Tietokoneiden suorituskyvyn lisääntyminen lisää myös niiden kykyä simuloida erilaisia asioita. Keinotodellisuudessa (VR), joka tunnetaan myös virtuaalitodellisuutena, tai tekotodellisuutena, luodaan tietokonesimulaatiolla ihmisen näkemä ja kokema todellisuudesta poikkeava vuorovaikutteinen maailma. Keinotodellisuuden erikoisominaisuus on erilliset VR-lasit, jotka lisäävät vaihtoehtoisen maailman todellisuudentuntua. Keinotodellisuutta käytetään tällä hetkellä laajimmin peli- ja viihdekäytössä. Teollisuuden puolella keinotodellisuuden hyödyntäminen on yleistymässä erityisesti liikenteen alalla. Myös uutis- ja viihdemediat on etsimässä

keinotodellisuuden käytöstä uusia ulottuvuuksia omaan toimintaansa. (LVM 2017) Keinotodellisuuden selvä etu on se, että sillä pystytään simuloimaan ja harjoittelemaan todentuntuisesti tilanteita, jotka olisivat vaarallisia tai kalliita luoda todellisessa maailmassa. Liikenteen alalla keinotodellisuudella voidaan mallintaa esimerkiksi tilanteita, joissa on suuri liikenneonnettomuuden vaara.

Lisätty todellisuus (AR) taas on eräänlainen keinotodellisuuden sovellutus. Siinä missä keinotodellisuus korvaa käyttäjää ympäröivän todellisuuden ”toisella” todellisuudella, lisätty todellisuus lisää käyttäjää ympäröivään todellisuuden tietokoneen antamaa informaatiota. Näin ollen lisätty todellisuus antaa vallitsevasta todellisuudesta lisäinformaatiota, sen sijaan että se korvaisi mitään vallitsevan todellisuuden ilmenemää. Ehkä helpoin esimerkki lisäystä todellisuudesta on sotilasilmailussa laajalti käytetty (HUD) heijastusnäyttö, joka antaa lentokoneen lentäjälle tietoa lentokoneen asemasta, suuntimasta, sekä asejärjestelmästä. Toinen esimerkki olisi esimerkiksi mäki- tai pituushypyn TV-lähetyksissä käytetyt tavoiteviivat, jotka osoittavat katsojalle, kuinka pitkälle aiemmat kilpailijat ovat hypänneet. Kokonaisuudessaan lisätyn todellisuuden pitää täyttää kolme määritystä: todellisen- ja virtuaalisen – informaation yhdistäminen, reaaliaikainen toiminta, sekä toimivuus kolmiulotteisessa avaruudessa. Lisätty todellisuus ei ole myöskään yksittäinen teknologia, vaan yhdistää useita eri teknologioita tuodakseen esiin digitaalista informaatiota näkökenttiimme. Toisaalta esimerkiksi Photoshop –kuva, elokuvan erikoistehoste, tai Googlemaps eivät ole lisätyn todellisuuden sovelluksia, koska ne eivät anna reaaliaikaista, tai vuorovaikutteista informaatiota maailmasta jossa elämme. (Kipper & Rampolla 2013: 1-4.)



Kuvio 6. Kausaalisuhteinen käsitekartta digitalisaatiosta

Ilmarinen (2015) esittää teoksessaan markkinoiden-, asiakaskäytöksen-, sekä teknologian murroksen olevan digitalisaation aiheuttava toiminta, jonka voidaan katsoa olevan hyvä lähtökohta digitalisaation lähestymiseen. Digitalisaatiolla, kuten kaikella tekniikalla on myös kausaaliagentti, eli epäsuoraan digitalisaatioon johtava tekijä, jossa vanhojen laitteiden rikkoontumisen ja käytöstä oton jälkeen tilalle ei löydy yhtä vanhaa tekniikkaa vaan sitä korvataan uudemmilla laitteilla. Selittävä syy sille, miksi on syntynyt digitaalisuuteen johtavia murroksia ja vanhat järjestelmät korvautuvat uusilla löytyy tekniikan kehityksestä. Mikäli mikään näistä syistä ei selitä siirtymää digitalisaatiota kohti, syynä voidaan pitää myös halua turvautua uusimpaan teknologiaan. Vastavaikutteisina syinä digitalisaatiolle, eli tekijöille jotka rajoittavat digitalisaation kasvua voidaan pitää uuden teknologian muutosvastarintaa ja pitäytymistä vanhoissa järjestelmissä. Digitalisaation kohde on aikalailla koko yhteiskunta, koska digitalisaatio tavoittaa ihmiseen niin työ- kuin myös vapaa-ajalla, aina viihde-elektronikasta sinne moderneimpiin työkoneluihin. Digitalisaation komplikaationa voidaan pitää tiedon määrän lisääntymistä vaikeammiksi ja sitä, että aiempien järjestelmien osaaminen joko katoaa tai se aiempi osaaminen muuttuu tarpeettomaksi. Digitalisaation pääasiallisena seurauksena voidaan pitää siirtymää kohti tietoyhteiskuntaa, jossa ihmisellä on käytettävissä enemmän tietoa kuin koskaan aiemmin. Digitalisaation vaihtoehtoisten seurausten hahmottaminen on

vaikeaa, mutta voidaan spekuloida että yksi vaihtoehtoinen eikä niinkään toivottu seuraus olisi kilpailun kiristymisen uusimmasta teknologiasta.

Vaikka digitalisaation aiheuttamaa teknologisen kilpailun kiristymistä voidaan pitää jopa hieman dystopisena ajatuksena, hurjempiakin visioita on esitetty. Pekka Vahvanen kokoaa kirjassaan: *Kone kaikkivaltias* (2018) yhteen näitä uuteen teknologiaan liittyviä uskomuksia, kyseenalaistaen teknologisen kehityksen välttämättömyyden: Paperisen median katsotaan katoavan pikkuhiljaa digitaalisen median myötä ja paperisia kirjoja luetaan entistä vähemmän. Uutisten uskotaan muuttuvan valeuutisiksi ja vihaa lietsotaan entistä avoimemmin. Informaation määrän uskotaan typistävän ajattelua, niin että ajattelu jää usein jopa hymiöiden tasolle. Yksityisyys tuntuu olevan katoamassa ja megakorporaatiot ovat rikkomassa sitä ulottamalla jatkuvaa valvontaa yksilötasolle. Joskus uskotaan jopa siihen, että tekoälyn kehittäminen jää ihmisen viimeiseksi teoksi ja ihminen on joutumassa oman menestyksensä uhriksi. Kysymykseksi Vahvanen jättää lopulta ihmisen onnellisuuden määrän. – Ongelmalliseksi tässä voidaan nähdä ihmisen onnellisuuden määrittämisen. Miksi e-kirjaa lukeva ihminen olisi vähemmän onnellinen, kuin paperisen kirjan äärellä viihtyvä? Ongelmana näissä visioissa on usein myös puute nähdä muutoksen kokonaiskuva. Digitalisaatiossa painettu sana siirtyy sähköiseen muotoon, joka tarkoittaa valtavaa loikkaa tallennettavan informaation määrässä ja saatavuudessa. Paperiset tulosteet vähenevät, mutta tietoa on silti saatavilla enemmän kuin koskaan aiemmin. Pelkkä paperin määrän laskeminen antaa siis harhaanjohtavan kuvan murroksesta.

Digitalisaatio rinnastetaan myös usein robotisaatioon, vaikka ne eivät ole sama asia. Kuten aiemmin mainittua, niin robotisaatio voidaan mieltää osaksi kolmannen sukupolven digitalisaatiota ja ”älykkäiden järjestelmien” esiintuloa, kuitenkin robotisaatio ei ole digitalisaatiolle välttämätön osa. Sitä uhkakuva, kun tekoälystä tulee älykkäämpi kuin ihmisestä, mihin useimmat dystopiat viittaavat, kutsutaan tekoälyn singulariteetiksi. Käsite esiintyi jo vuonna 1958 Stanisław Marcin Ulamin kirjoitelmassa, joten kyse ei ole aivan uudesta ajatuksesta. Käsitteeseen on usein liitetty uskomuksia, kuten koneiden kapinaa, tai kuolemattomuuden saavuttaminen, kun taas skeptisimmät tutkijat eivät pidä asiaa merkittävänä ja se on rinnastettu jopa

teknologiauskonnoksi. Tänä päivänä ihminen on lähimpänä singulariteetin löytämistä, kuin koskaan aiemmin, kone osaa päihittää ihmisen useimmissa peleissä ja sille on pystytty luomaan monimuotoisia käyttäytymiskaavoja. Ongelma ei tunnu olevan enää se, että singulariteetti on tulossa, vaan se että se on jo hiipinyt oven taakse ja se on luonteeltaan toisenlainen kuin kuvittelimme. (Haikonen 2017: 265-282.)

Tiedon lisääntyminen, Internetin laajeneminen jokapäiväiseen elämäämme, sekä uudet teknologian aiheuttamat uhkakuvat tuovat myös kyberturvallisuuden käsitteen aikakautemme keskiöön. Internetin ja keskitetyn digitaalisen tiedon varjopuolena vakoilulle ja erilaisille huijausyrityksille on tarjolla uusi kanava. Yritysmaailmassa tämä tarkoittaa sitä, että yritysten tulee luoda kyberstrategia turvallisuusriskien minimoinniksi. Yrityksissä kyberstrategian rakentaminen alkaa tyypillisesti strategisella tasolla (tai makrotasolla), josta strategia vaikuttaa ensin yrityksen operatiiviseen ja sitten myös tekniseen tason (mikrotasoon saakka). Kyberstrategia vaatii johdon sitoutumista asiaan ja sen on oltava osa liiketoimintaa. Nopeasti muuttuva ympäristö vaatii myös kyberstrategialta nopeaa mukautumiskykyä. Kyberstrategian lähtökohtana on toimintojen mahdollistaminen ja yrityksen toimintakyvyn säilyttäminen myös hyökkäysten aikana. (Limnell, Majewski & Salminen 2014: 157-164.)

Digitalisaatio vaikuttaa koko yhteiskuntaan, aina työpaikalta vapaa-aikaan, joten digitalisaatiolla on myös kulttuurillinen vaikutus ja sen voi nähdä johtavan kohti digitaalista kulttuuria. Digitaalisen kulttuurin yhteydessä puhutaan usein paradigman muutoksesta, jossa perinteiset analogiset esitys- ja tallennusparadigmat korvaantuvat digitaalisilla paradigmoilla. Professori Nicholas Negroponte esitti 80-luvun puolivälissä tietotekniikka-alan teknologian ja liiketoiminnan integroituvan televisio- ja elokuva-aloihin, sekä julkaisu- ja kustannustoimintaan. 2000-luvun alussa uskotaan nähtävän lisää eri alojen yhteensulamisia. Ajalle on tyypillistä tietotekniikan, viestinnän ja median yhteenliittyminen. (Järvinen & Mäyrä 1999: 63-64.)

Lopulta digitalisaatio, kuten aiemmatkin teknologiset murrokset, on luonteeltaan taloudellinen murros: uusi teknologia tekee uudet toimintatavat edeltäviä halvemmiksi ja yritysmaailman sekä markkinoiden perässä myös asiakaskäyttäytyminen siirtyy

uuden teknologian mukaiseksi. Tietotekniikka vaikuttaa poikkeuksellisen paljon tulevaisuuden talouteen. Globalisaatio laajenee tietotekniikan myötä lähemmäksi uutta teknologiaa, kun töitä voidaan siirtää aiempaa helpommin ulkomailla tehtäväksi. Eriarvoisuus saattaa lisääntyä uuden teknologian myötä ja omistava luokka voi vaikuttaa entistä tehokkaammin politiikkaan, mikä voi heikentää tulojakauman alapuolelle jäävien mahdollisuuksia ennestään. Lisäksi digitalisaatio aiheuttaa taas kerran uuden aallon teknistä työttömyyttä, minkä suuruusluokan arviointi riippuu arvioijasta. Ei ole varmuutta siitä, onko tämä teknisen edistyksen kerta mitenkään erilainen kuin aiemmat, mutta vastaisestakaan ei ole takeita. Mikäli hyväksymme, että muutos on välttämätön, tarvitsemme myös yhteiskunnallista murrosta. Yksi askel mahdollisten ongelmien poistamiseksi olisi siirtyminen jonkinlaiseen perustuloon, joka takaisi kaikille sopivan toimeentulotason. (Ford 2017)

5 DIGITALISAATIO ENERGIA-ALALLA

5.1 Sähköverkot

Energia-alalle tyypillisin toimintaympäristö on sähköverkko. Esineiden Internet on tehnyt lähes kaikista sähköverkon laitteista ”älylaitteita”, joilla on omaa tilan- ja tiedonhallintaa, sekä kykyä välittää niitä tietoja eteenpäin. Myös lämmönsiirtoa varten on omia suhteellisen isoja kaukolämpöverkkoja, mutta niissä ei ole läheskään niin paljon toimilaitteita, instrumentointia tai ”älykkyyttä” kuin sähköverkoissa ja tästä syystä lämpöverkkojen digitalisaation tarkastelu kannattaa jättää käytönvalvonnan tasolle.

5.1.1 Sähköverkkojen historiaa

Sähköverkkojen historian voidaan katsoa alkaneen 1800 – luvun loppupuolella, eteenkin hehkulampun keksimisen 1880 – luvulla, vaikuttaen sähköntuotannon ja kulutuksen välisen infrastruktuurin kysyntään. Ensimmäiset sähköverkot olivat hyvin pieniä, jopa niin pieniä että usein tuotanto ja kulutus sijaitsivat samassa kiinteistössä. 1900 – luvun alussa vaihtojännite vakiintui sähköverkkojen siirtojännitteeksi ja siitä lähtien on pystytty kehittämään aina vain isompia sähköjakelujärjestelmiä.

Sähköverkkojen historian alusta lähtien jaeltavan sähkön laatua on tarkkailtu kahden pääsuureen: jakelun luotettavuuden ja jännitteenvaihtelun perusteella. Jakelun luotettavuus viittaa jakelun käyttökatkoihin, eli sähkökatkoksiiin. Sähkölaitokselle käyttökatkot maksavat vähintään käyttökatkon aikana jakelematta jääneen energian ja imagohaitan verran. Jännitteenvaihtelu sen sijaan voi aiheuttaa suoranaista vahinkoa verkon laitteistolle. Pieni jännitteenvaihtelu heikentää verkkoon kytketyn laitteiston hyötysuhteita ja todennäköisesti myös lyhentää niiden elinkaarta. Suuri jännitteenvaihtelu taas voi estää laitteiden toiminnan ja pahimmillaan rikkoa niitä tai jopa sytyttää tulipalon jossain kohtaa verkkoa. (Lakervi 1996: 69.) Nykyään sähköyhtiö voi joutua maksamaan myös korvauksia käyttökatkoksista ja jakeluverkon

jännitteenvaihtelun on oltava kansallisen standardin määrittämällä alueella. Sähköjärjestelmien kontrollin tarve perustuu edelleen näiden kahden pääsuureen hallitsemiseen. Nykyisin sitä kontrollia toteutetaan suurin osin tietokonepohjaisilla järjestelmillä.

Tietokoneohjatut järjestelmät eivät ole lainkaan uusi asia, sillä sähköyhtiöt ovat aina 1920 – luvulta lähtien soveltaneet jatkuvasti kehittyneempiä järjestelmiä sähköverkkojen tiedonkäsittelyyn ja käytönvalvontaan. Tämä on huomattavan nopeaa kehitystä, kun ottaa huomioon, että ensimmäinen sähköasema oli vuonna 1882 Edisonin Pearl Streetin valaistusta varten rakennettu asema. Seuraavan kymmenen vuoden aikana George Westinghouse kehitti vuoteen 1893 mennessä vaihtosähköjärjestelmiä, joilla sähköä voitiin jakaa tehokkaasti ja sähköverkkojen rakentamiseen päästiin vasta 1900 – luvun alussa. Tietokoneohjattujen järjestelmien historia sähköverkoissa alkoi 1940 – luvulta, kun sähköyhtiöt alkoivat tiedostaa, kuinka paljon energiaa menetetään kontrolloimattomassa sähköverkossa. 1950 – luku oli (Yhdysvalloissa) sähköalan yritysten teknistä kilpaa sähköverkon kulutuksen valvonnan laskukoneista. 1950 – luku oli myös kovaa kilpaa analogisen ja digitaalisen tietokoneen välillä, analogisia ja digitaalisia tietokoneita kehitettiin vuoronperää sähköyhtiöiden tarpeisiin ja analoginen tietokone oli aluksi kilvan johdossa hintansa, tarkkuutensa ja nopeutensa perusteella. 1960 – luvulle tultaessa digitaalinen tietokone kuitenkin kehittyi ominaisuuksiltaan valtavasti ja alkoi korvata analogisia tietokoneita sähköyhtiöiden verkkojen käyttötoimissa. (Cohn 2015)

Diplomi-insinööri Aimo Arhoma (1986) kertoo Strömbergin julkaisussa: sähköasemat V tietokonepohjaisten järjestelmien yleistymisestä seuraavaa:

Tietokonepohjaiset automaatiojärjestelmät ovat yleistyneet teollisuudessa erittäin nopeasti. ... Niiden suurin hyöty on epäilemättä siinä, että niiden avulla voidaan varsin pienillä kustannuksilla toteuttaa sähkölaitoskäytössä hyödyllisiä toimintoja, jotka aikaisemmalla tekniikalla olivat joko mahdottomia tai ainakin liian kalliita.

Nykyisin tietokonepohjaisten automaatiojärjestelmien voidaan käytännössä katsoa sanoa vallanneen sähköjakelu-alan, kaikki automaatiolaitteet eivät ole vielä

tietokoneohjattuja, saati sisällä älykkäitä toimintoja, mutta tietokoneohjattujen toimintojen lisääminen tuntuu olevan alan luonnollinen kehityssuunta.

Sähköverkkojen yleistyessä verkkoja alettiin pian varustaa suojareleillä. Sähköverkossa suojareleellä ohjataan katkaisijoita, joiden tarkoitus on eristää vikatilassa viallisia verkon osia toimivasta verkosta. Sähköverkon suojareleet jakautuvat yleensä viiteen eri pääluokkaan: voimakkuutta, suuntaa, suhdetta, eroavaisuutta, -mittaaviin sekä luotsattaviin releisiin. Voimakkuutta mittaava rele laukeaa, kun esimerkiksi jännitteen suuruus poikkeaa annetusta ohjearvosta. Suuntaa mittaava rele laukeaa, kun esimerkiksi vaihtojännite ei ole samassa vaiheessa muun verkon kanssa. Suhdetta mittaava rele laukeaa, kun esimerkiksi johtimien resistanssien suhde muuttuu. Eroavaisuutta mittaavaa relettä sanotaan usein summareleeksi ja rele laukeaa, kun esimerkiksi kahden solmupisteeseen sisään tulevan virran summa ei täsmää solmupisteestä uloslähtevän virran suuruuteen. Luotsattavat releet taas saavat informaatiota muualta verkosta ja voivat lauaa vaikka toisen releen ohjauksikäskyn mukaisesti. Suojareleitä asennetaan tyypillisesti: siirtojohtojen päähän, suojaamaan muuntajia ja generaattoreita, sekä kojeistojen suojaukseen. Tietokoneohjattuja suojareleitä alettiin soveltaa 1960 – luvulla, kun digitaaliset tietokoneet alkoivat pärjätä perinteisille analogisille releille. (Phadke & Thorp 1994: 1-53.) Aikanaan sähköverkon relesuojausta hallittiin tietokoneilla. Nykyaikainen suojarele on pohjimmiltaan toiminnallisuudeltaan ja tekniikaltaan tehtävänsä räätälöity tietokone, jota voidaan hallita toisella tietokoneella, joskus myös etäohjauksella. Vaasalainen ABB on ollut edelläkävijä suojareleiden alalla ja esimerkiksi vuonna 2014 he julkistivat relemallin, joka ei pelkästään kommunikoi verkon kautta vaan myös käyttää pilvipalveluja tietojensa tallentamiseen (ABB 2014: 5). Digitalisaation kehityskulun siis voidaan nähdä pienoiskoossa myös siinä, miten sähköverkon suojareleet ovat aikaa myöten kehittyneet ja mitä muutoksia niihin on vielä tulossa.

Teollisen internetin tulo vaikuttaa voimakkaasti myös energia-alan yritysten toimintaan. Sähköä ja kaukolämpöä tarjoavat yhtiöt saavat ilmoituksen verkon vikatilasta nopeasti ja ongelmakohta, kuten sähkölinjan päälle kaatunut puu, on nopeasti paikannettavissa. Tieto kulkee nopeasti tuotannosta ja jakelusta valvomoon ja teollinen internet

mahdollistaa nopeat säätötoimenpiteet tuotannon optimoinniksi. Teollisen internetin tulo nostaa pintaan myös hajautetun sähköntuotannon mahdollisuuksia, mikä on tarpeen mikäli kiinteistönomistajat jatkavat panostamista uusiutuvaan energiaan, eli aurinkopaneelien ja tuulivoimaloiden asentamista. Kattavasti anturoituna automatisoitu sähköverkko pystyisi säätämään hajautettua sähköntuotantoa kysynnän mukaan. Teollisen internetin uudet mahdollisuudet näkyvät kuluttajan puolelle helpoiten sähkömittareiden toiminnassa. Suomessa suurin osa sähkömittareista on ollut jo vuosia etäluettavia ja muodostavat maan suurimman verkkoon liitettyjen laitteiden kokonaisuuden. Energian tuotannossa ja jakelussa teollinen internet on vaikuttanut positiivisesti jakeluverkkojen kykyyn toimittaa sähköä asiakkaille. Erityisen hyödyllinen muutos olisi siirtymä älykkääksi sähköverkoksi, jossa verkkoa ja tuotantoa ohjaa tekoäly. (Collin & Saarelainen 2016: 107–108.) Tekoälyä ei ole kuitenkaan vielä käytössä missään julkisessa sähköverkossa ja termi älykäs sähköverkko tarkoittaa käytännössä sähköverkkoa jossa on käytettävissä tietokoneohjattuja toimia, eikä sähköverkkoa jossa olisi tekoälyä.

5.1.2 Älykäs sähköverkko

Älykäs sähköverkko on seuraava kehitysaskel sähkönjakeluverkon konseptissa. Se ei ole enää pelkästään disruptiivinen innovaatio, vaan siitä on tulossa teollisuudenalan standardi. Älykäs sähköverkko vakiintui terminä 1990 – luvulla ja termillä haettiin lähinnä verkon uudenaikaistamista, sekä valvonta- ja hallintatoimien lisäämisen. Nykyään älykkäälle sähköverkolle on monta määrittelyä, mutta yhteistä kaikille on informaatioteknologian läsnäolo kaikissa verkon osissa, aina sähköntuotannosta kuluttajalle asti. Informaatioteknologiaa ja elektroniikkaa on käytetty kautta aikojen sähköverkkojen rakenteissa. Sähköverkot ovat nähneet jatkuvaa evoluutiota ajoista, kun niitä hallittiin paikallisesti. Automaatiojärjestelmistä, jotka pystyvät itsenäiseen päätöksentekoon ja toimintoihin, on tullut olennainen osa sähköverkkojen rakennetta. Infrastrukturi ja älykkäät toimintatavat ovat olennaisia osia älykkäissä sähköverkoissa ja tietotekniikka toimii osana, joka liimaa nämä osat lopullisesti toisiinsa. (Sendin, Sanchez-Fornie, Berganza, Simon & Urrutia 2016: 1-3.)

Vaikka älykäs sähköverkko mielletään uudeksi ajatukseksi, sen taustalla on jo kauan sitten sähköverkoissa vakiintuneita ajatelmia. Tarve verkoston vikatilojen havaitsemiseen, eri koskettimien etäohjaukseen ja tiedonsiirtoon verkon välillä havaittiin jo lähes sata vuotta sitten. Perinteisissä sähkönsiirtoverkoissa on ollut jo vuosikymmeniä käytössä alkeellista automatiikkaa, jolla verkko saadaan tehtyä virrattomaksi joko releen lauetessa, tai etäohjauksella. Sähkönsiirtoverkkojen tiedonsiirron erikoissovellukseksi kehittyi suhteellisen nopeasti (ensimmäisten sähkönsiirtoverkkojen syntyessä) sähköjohtoja pitkin kulkeva tiedonsiirtoyhteys, jolla pystyttiin vaikuttamaan verkoston automaatiolaitteiden toimintaan. Tätä yhteyttä on viimeaikoina kutsuttu datasähköksi ja aiemmin kantoaaltoilaitteiden käytöksi. Eroavaisuus älykkään sähköverkon ja perinteisen sähköverkon välillä ei siis ole siinä, että ajatus etäohjauksesta ja toimintatilojen valvonnasta olisi uusi, vaan siinä että nykyisellä teknologialla se valvonnan taso on aivan eri kuin koskaan aiemmin.



Kuvio 7. Kausaalisuhteinen käsitekartta älykkäästä sähköverkosta

Älykkäällä sähköverkolla haetaan lähinnä verkon huoltovarmuutta. Perinteisessä sähköverkossa ukkonen ja myrskyt vaurioittavat verkon infrastruktuuria ja aiheuttavat käyttökatoja. Älykkäässä sähköverkossa vian havaitseminen ja eristäminen on aiempaa helpompaa ja korjaamistöiden nopea alku tarkoittaa lyhyempiä käyttökatoja. Yhdessä älykkäisiin sähköverkkoihin siirtymiseen vaikuttaa ”älykkäiden” ratkaisujen halpeneminen ja yleistyminen. Muita syitä älykkäiden sähköverkkoihin siirtymiseen ovat esimerkiksi mittaritiedon määrän lisääminen tai sopimustekniset syyt, mutta ne ovat luultavasti suhteellisen harvinaisia syitä siirtymään. Myrskyvaurioiden ehkäisy

ollessa älykkäitä sähköverkkoja synnyttävä ilmiö, maakaapeloinnin lisääminen itse asiassa vähentää älykkäitä sähköverkkoja, koska maan alla kulkeva kaapeli ei tarvitse suojausta ukkoselta tai päälle kaatuvalta puulta. Älykkäiden sähköverkkojen komplikaationa ovat erilaiset tietoturvaan liittyvät ongelmat, koska älykäs sähköverkko tarkoittaa sähköverkon komponenttien jakamista Internetin kautta. Älykkään sähköverkon tärkein seuraus on sähköverkon toimintavarmuuden kasvu, tuloksena voi olla myös paljon erilaista mittaritietoa, mutta se ei ole niin olennaisessa asemassa sähköyhtiön kannalta.

Kuluttajalle näkyvin älykkään sähköverkon osa on älykäs sähkömittari. Uudet 4G – sähkömittarit välittävät sähkönkulutustiedot asiakkaille ja sähkömarkkinatoimijoille lähes reaaliajassa. Sähköverkkoyhtiöiden tarkoitus olisi tuotantokapasiteetin optimointi sähkömittaritiedon mukaisesti. Mittareita vaihdetaan jatkuvasti uusiin malleihin ja kukin sähköverkkoyhtiö päättää omat aikataulunsa mittarien vaihtoon. Tulevaisuudessa 5G:llä tulee luultavasti oleman suuri osa sähkömittarien toiminnassa. Tulevaisuudessa sähkön käytön kasvaessa kulutushuiput voivat kasvaa aiempaa suuremmiksi ja älykkäät sähköverkot mahdollistavat virtuaalivoimalaitokset, jotka vastaavat nopeasti uuden kulutushuipun asettamaan tavoitteeseen. Nykyiset sähkömittarit mittaavat sähköä reaaliaikaisesti, mutta esimerkiksi Elenian järjestelmä hakee kulutustietoja vain vuorokauden välein, poikkeuksena hälytystilanteet jotka päivittyvät reaaliajassa. Tulevaisuudessa mittarit tuottavat tietoa kokoajan sitä tarvitsevien käyttöön. Verkkoyhtiöiden paineita päivitysvälin muutokseen luo myös EU:n komission päätös, jonka mukaan sähkönkulutuksen taseselvitys tulee tehdä 15 minuutin jaksoissa, mutta siirtymäaika siihen on pitkä. (Sähköala 1-2/2018) STUL täydentäisi uusien älymittareiden kuormanohjausta älykkäillä ratkaisulla. Älymittariin ei yksinkertaisesti mahdu niin paljoa tekniikkaa, että kuluttaja voisi ohjata sillä kuormiaan tarkoituksenmukaisesti. Ideaali lopputulos olisi se, että älymittarin ohjaustoiminnot ja kiinteistön sisäinen ohjaus voitaisiin liittää toisiinsa, jolloin taloautomaatio pystyisi hyödyntämään myös esimerkiksi sähkön kulloisiakin hintatietoja. (Sähköala 12/2018)

Ominaista älykkäälle sähköverkolle on esineiden Internetin (IoT) esiinmarssi, eli älykkään sähköverkon konsepti alkoi kehittyä voimakkaasti siitä hetkestä, kun

sähköverkon toimilaitteita siirrettiin kommunikoimaan Internetin välityksellä. Voidaan spekuloida, että suuren laitemäärän tulo samaan verkkoon muodosti paineita yhtenäisten standardien ja kommunikaatioprotokollien muodostamiseen, kun aiemmin kaikki sähköverkon ”äly” oli kulloisenkin sähköverkkoyhtiön itse määrittämässä verkossa, tai jopa usein ilman mitään etäyhteyttä.

Älykkään sähköverkon konsepti mursi käsityksen datasähköstä, jolla oli jo vuosikymmenten ajan siirretty tietoa sähköjohtoja pitkin. 1990 – luvun lopussa syntyi erilaisia protokollia datasähkön laajakaistakäyttöön, joista osaa käytettiin myös siihen, että kuluttajille tarjottiin Internet-yhteyksiä, jotka toimivat kiinteistöön tulevan sähköjakelun mukana. Nytemmin tämä kuluttaja – aspekti on tippumassa pois, koska datasähkö soveltuu huonosti suurien datamäärien lähettämiseen. Vuonna 2005 älykkäiden sähkömittareiden tulo herätti ajatuksen ”narrowband” (eli kapeakaistaisen) - datasähkön luomisesta. Kumpaakin datasähkön muotoa (laajakaistaa ja kapeakaistaa) tavataan edelleen älykkäissä sähköverkoissa, mutta niiden rooli on nykyään tiedonsiirtoväylänä toimia enemmänkin avustavana, kuin pääsääntöisenä kommunikaatioväylänä verkon laitteiden välillä. (Sendin ym. 2006: 134-141.)

Älykkäiden sähköverkkojen langattomaan tiedonsiirtoon voidaan käyttää useampia eri teknologioita esimerkiksi: PMRää (eli professional mobile radioa), Wi-Fiä, WiMAXia, ZigBeeta, sekä matkapuhelinverkkoa. PMR (eli ammattimainen liikuteltava radio) sisältää useita eri AM ja FM taajuuksilla toimivia radiopuhelinjärjestelmiä, joita voidaan soveltaa myös sähköverkon ohjaamiseen. Wi-Fi, tai WLAN on yleinen langaton laajakaistatekniikka. WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) on langaton laajakaistatekniikka, jolla on WLANia suurempi kantama. ZigBee on lyhyen kantaman tietoliikenneverkko, joka on kuitenkin esimerkiksi Bluetoothia nopeampi ja luotettavampi. Luultavasti älykkäissä sähköverkoissa langattomista tiedonsiirtometodeista yleisin on kuitenkin matkapuhelinverkon käyttö tiedonsiirtoon, jonka protokollista löytyy vaihtoehtoja aina GSM:stä 5G:hen. (Sendin ym. 2006: 141-147.) Viimeaikoina valtavasti yleistyneiden Internet-yhteyksien myötä älykkäissä sähköverkossa käytetään kuitenkin useimmiten kaapelin kautta kulkevaa tietoliikennettä. Tietoliikenne voi kulkea sähköverkkoihin, niistä ulos ja joissain

tapauksissa myös sähköverkkojen sisällä niin normaalilla nettiyhteyteen tarkoitettulla DSL-kaapelilla, kuin valokuitukaapelillakin. (Sendin ym. 2006: 147-153.)

Sähköverkkojen muutos perinteisistä sähköverkoista älykkäisiin sähköverkkoihin ei siis tarkoita käytännössä sitä, että verkon toimilaitteita pystyisi etäohjaamaan aiempaa paremmin, vaan sitä että sähköverkon toimilaitteet ovat asioiden Internetin myötä siirtyneet siihen samaan Internetiin, jota ihmiset käyttävät jokapäiväisessä elämässään. Teknisen murroksen myötä myös Internetin tietoturva-asioista on tullut sähköalalle jatkuvasti pinnalla oleva asia, koska tietomurron mahdollisuus on oleellisesti helpottunut siirryttäessä eristetyistä verkoista yleisiin tietoverkkoihin. Siirtoverkoissa tietoturvariskin kaihtaminen alkaa kartoituksesta siitä, mitkä osat verkoista ovat kriittisiä verkon toiminnalle. Usein näitä kohtia ovat erilaiset laitteistot ja ohjelmistot, joilla hallitaan verkon toimintaa, mutta muitakin haavoittuvuuksia voi löytyä. Pohjois-Amerikan sähköalan toimivarmuuden -yhtiö (NERC) suosittelee keskitetyn laiterekisterin keräämistä, niistä laitteista joilla on pääsy verkoston laitteistoille. (Eli käytännössä verkon tilan muutoksiin vaaditaan aina käskyjä tietystä MAC-osoitteesta, muuten muutokset hylätään.) Tämän toiminnallisuuden saavuttamiseksi käytössä on useita eri tekniikoita ja ohjelmistoja, joiden soveltamisesta ei ole standardeja. Toinen lähestymistapa tietoturvariskiin on tunkeilijan havaitsemisjärjestelmien (IDS) käyttöönotto, joka muistuttaa jossain määrin verkon laitteistojen piilottamista palomuurin taakse. Laitteiston ja ohjelmistojen lisäksi on kuitenkin myös tärkeää, että niitä käyttävät henkilöt ymmärtävät niitä koskevat tietoturvariskit ja toimivat tietoturvastandardien mukaisesti. (Sorebo & Echols 2012: 152-154.) Hieman erilainen lähtökulma tietoturvariskeihin on ajatus siitä, että osa sähköverkon laitteistosta on hyvä pitää eristettyinä tai sellaisten protokollien takana, että niihin pääsy on vaikeaa. Esimerkiksi langattomien WiMAX- (ja ZigBee-) yhteyksien runsasta käyttöä sähköverkoissa selittää myös se, että se koetaan tietoturvasemmaksi, koska yhteyteen vaaditaan erikoislaitteistoa, jota ei välttämättä monelta hakkerilta löydy. (Åbro & Yliaho 2019)

Sähkön pientuotanto lisääntyy kovaa tahtia, joka vaikuttaa myös älykkään sähköverkon konsepteihin. Aurinkopaneeleita on rakennettu ympäri maata, mutta Aurinkosähköä ei

(ainakaan vielä) rakenneta kustannussäästöjen, vaan pikemmin vihreiden arvojen takia. Sähköautot ovat yleistymässä ja sitä myötä myös latausasemien määrä on kasvamassa. Sähköautojen akkuja on pohdittu usein myös potentiaalisiksi energiavarastoiksi, joista voitaisiin ladata energiaa muuhun käyttöön, kun sähkö on kallista. Kokonaisuuden hallinta tulee olemaan vaikeaa ja vaaditaan tarkkaa säätelyä, ettei uusi tekniikka tuo mukanaan uusia ongelmia. Yksi suurista teknisistä haasteista on verkon muuntaminen, sellaiseksi joka kestää sähkönsiirtoa kahteen suuntaan. Kuluttaja voi toimia sähkönsiirtoyrittäjänä, vain jos hän voi siirtää sähköä muille kuluttajille. Luonnollinen ratkaisu olisi lisätä älykkäiden sähköverkkoyhtiöiden myötä verkon automaatiota ja vahvistaa verkkoa. Hullunkurisesti, sähköverkkoyhtiöille olisi kuitenkin usein halvempaa maksaa siitä, etteivät yksityiset tuottaisi sähköä verkkoon, kuin vahvistaa sähköverkkoa. Tämän hetken kuuma peruna keskusteluissa älykkäistä sähköverkoista on sähkönsiirto, koska se voi vaikuttaa suuresti sähkönsiirtohin, mutta lisätä myös riskejä. Tietenkin optimaalinen tilanne olisi päästä täysin monisuuntaiseen ja automatisoituun verkkoon, mutta se vaatii oikeanlaista säätelyä ja sähköverkkoyhtiöiden tahtoa pitkän aikavälin investointeihin. (Sähköala 1-2/2018)

Älykkäät sähköverkot tekevät tuloaan jo muuntajatasolle asti. Suurin kannuste älykkäiden sähköverkkoyhtiöiden kehittämiseen on ollut sähkömarkkinalaki, jonka mukaan toimintavarmuuden tulee olla huippuluokkaa vuoteen 2028 mennessä. Pääsääntöinen investointikohde sähköverkkoyhtiöillä toimintavarmuuden parantamiseksi on ollut maakaapeloinnin laajentaminen, mutta myös älykkäitä ratkaisuja laajennetaan voimakkaasti. Älykkäät laitteet sähköverkon ruohonjuuritasolla helpottavat vikapaikan eristämistä muusta verkosta. Automaattinen vikakohtaan poissulku tapahtuu älylaitteiden avulla jopa millisekunneissa, eikä suurimmalle osalle asiakkaista aiheudu minkäänlaista häiriötä sähkönsiirtoihin. Perinteisesti sähköverkon älykkäät laitteet ovat olleet vian indikointia, mutta uusissa laitteissa on valtava määrä uutta dataa. Tietoliikenne on älykkäässä sähköverkossa avainroolissa. Nopea tiedonsiirto mahdollistaa myös uudet toimintamallit vian korjaukseen. Älykkäät laitteet helpottavat vikapaikan nopeampaa löytämistä. Älykkäiseen sähköverkkoon pystytään myös yhdistämään järjestelmä, joka tarkkailee myös sähköverkkoyhtiön työautojen sijainteja

ja pystyy opastamaan vikapaikkaa lähimmän ajoneuvon vikapaikalle. (Sähköala 6-7/2017)

5.1.3 CASE: Vaasan sähköverkko Oy

Vaasan sähköverkko Oy on vuonna 1892 perustetun Vaasan sähkön tytäryhtiö, joka on vastuussa Vaasan seudun sähköverkkojen rakentamisesta ja ylläpidosta. Alue kulkee itä-länsi suunnassa Vöyristä Raippaluotoon ja pohjois-etelä suunnassa Maksamaalta Närpiöön ja kattaa siis vajaan sadan kilometrin sektorin Vaasan ympäriltä. Sähköliittymiä käyttäviä asiakkaita on alueella noin 100 tuhatta. Vaasan kaupunki omistaa Vaasan sähkön tytäryhtiöineen, toinen Vaasan sähkön tytäryhtiö on Ravera, jonka tehtävä on sähköverkkojen rakentaminen. Vaasan Sähköverkon palveluksessa on 32 henkilöä ja vuosittainen liikevaihto on noin 30 miljoonaa. Sähköverkkopuolen koulutus on tyypillinen sähköverkkoyhtiön työntekijälle, mutta sähköyhtiöillä on myös jatkuvasti kasvava tarve myös tietotekniikan osaamista varten. (Kumpikin haastateltu Vaasan sähkön toimihenkilö oli lähtöisin tietotekniikan puolelta.) Vaasan sähkö, tai sen tytäryhtiöt, eivät omista yhtään sähkövoimalaitosta, vaan alueen sähkölaitokset toimivat osakkuuslaitosten kautta. Vaasan sähköverkko Oy jakaantuu taas neljään osioon: suunnitteluun, käyttöön, kunnossapitoon, sekä ”palvelut ja tekniset järjestelmän” -osastoon. Tällä hetkellä Vaasan sähköverkon suurin investointikohde on maakaapeloinnin kehittäminen, kuten useimmilla muillakin sähköverkonhallintayhtiöillä. Tavoitteena on että vuoteen 2028 mennessä 60% keskijänniteverkon ja 80% pienjänniteverkon sähkönsiirrosta kulkee maakaapeleiden kautta. Maakaapeleiden käyttö on hieman ristiriidassa älykkäiden sähköverkkojen rakentamiseen, koska paine älykkäiden sähköverkkojen suuntaan syntyy ilmajohdoilla syntyviin ongelmatilanteisiin (kuten myrskyn tai salamaniskun tuottamien vaurioiden ehkäiseminen). Vuosina 2008-2009 Vaasan sähköverkon suurin projekti oli siirtyminen älykkäisiin sähkömittareihin, jossa valta-osalle kuluttajista vaihdettiin älykkäät (eli etäluettavat) sähkömittarit. Älykkäät sähkömittarit kuitenkin saavat jatkuvasti uusia toimintoja, niinpä mittareita päivitetään vieläkin tarpeen tullessa uusimpiin malleihin. Itse älykkäistä sähköverkoista voidaan sanoa, että älykkäiden sähköasemien määrä on

selvästi kasvamassa, mutta kasvutahti on tasaantunut. Vuosittain käyttöön tulee noin 20 uutta älykästä sähköasemaa. Kokonaisuudessaan älykkäitä sähköasemia on käytössä nyt noin 100, kun sähköasemia on noin 2300, jos lasketaan mukaan jokainen muuntamo joista toki suuri osa on pylväsmuuntamoja joissa ei ole mitään mahdollisuutta älykkäille ratkaisuille. Suunnittelu ja käyttö mieltivät yhdessä, mihin kannattaa sijoittaa älykkäitä sähköverkkoratkaisuja ja harkinta suoritetaan yleensä taloudelliselta pohjalta, niin että toimiva älykäs sähköasema maksaa itsensä yleensä pian takaisin. Digitalisaatiosta puhuttaessa IoT, eli esineiden internet, on selvästi sähköalalle saapunut trendin. Suurin osa sähköverkkojen toimilaitteista on jo nyt jonkinlaisen internet – yhteyden päässä ja monin paikoin myös etäohjauksessa. (Internet – yhteys kulkee siis sähköverkon toimilaitteelta valvomoon, jossa sen tilaa valvotaan ja voidaan usein myös kontrolloida.) Lisääntynyt laitteiden toiminnallisuus ja tilansiirto antavat myös pohjan big datan keruuseen. Sähköverkkoyhtiöt ovat kuitenkin tehneet jo vuosikausia mittaritietoihin perustuvaa analyysiä, siis kauan ennen kuin se nimettiin big dataksi, digitalisaatio ei siis tavallaan muuta aiempia toimintamalleja, vaan digitalisaatioksi miellettyjä rakenteita on ollut käytössä jo kauan. Älylaitteista puhuttaessa sähköverkon älylaitteet eivät ole käytännössä kovin kummoisia, niiden älykkyys jää usein erilaisiin vikatilaindikaatioihin, mutta digitalisaatio on tuomassa niihinkin lisää toiminnallisuutta. Pilvitalennus mielletään myös usein tulevaisuuden sanaksi, Vaasan sähköverkolla ei ole käytössä vielä juurikaan pilvessä toimivia laitteita, mutta pilvitalennuksella voitaisiin saada huomattavaa helpotusta esimerkiksi releiden ylläpitoon ja muutostöihin (kun valmiit releasetukset voisi hakea pilvestä eikä niitä pitäisi asentaa uudestaan jokaisen verkon muutoksen yhteydessä). Tekoälyn tulossa sähköverkkoon on vielä pitkä matka. Erityisen ongelmallista on löytää sellainen kohde, missä tekoälyyn sijoittaminen maksaisi vaivansa takaisin, vaikka dataa jonka mukaan tekoälyä voitaisiin kouluttaa, onkin olemassa. Sähköalan puolella tekoälylle luonnollisin kohde tuntuisikin olevan sähkömyynnin puolella, jossa tekoäly voisi rakentaa malleja kuluttajakäyttäytymisestä ja näin auttaa myyntiä sähköhinnittelutyössä. (Åbro & Yliaho 2019)

Joissain tutkimuksissa on esitetty, että noin 60% nykyisistä sähköverkoista olisi älykkäitä sähköverkoja. Tässä valossa Vaasan sähkön 100 älykästä sähköasemaa

2300:sta tuntuu pieneltä, mutta tässä on huomioitavaa myös se, että älykäs sähköverkko ei vaadi toteutuakseen sitä että verkon kaikki toimilaitteet sisältävät älykkyyttä, näin ollen suuri osa sähköverkosta niiden sadan älykkään sähköaseman ympärillä on älykästä sähköverkkoa riippumatta muista laitteista. Esineiden Internetin, minkä voidaan spekuloida olevan nykyisten älykkäiden sähköverkkojen lähtölaukaus, rooli on selvästi korostunut myös Vaasan sähköverkon toiminnassa. Kiinnostavaa on myös se, että big dataa on ollut jo kauan, jopa ennen Internetin yleistymistä, sähköverkkoyhtiöiden käytössä. Mittaritiedoista saatavaa massadataa ei vain ole aiemmin kutsuttu big dataksi. Tekoäly sen sijaan ei ole tulossa lähiaikoina sähköverkkojen puolelle, koska sitä varten on vaikeaa löytää hyödyllisiä sovelluksia ja taas esimerkiksi verkon käyttövalvonnassa tekoälyn aiheuttama riskipotentiali on suuri.

5.2 Tietokoneavusteinen suunnittelu

Teknisillä aloilla on usein tarve tekniselle piirtämiselle, koska asioiden sanallinen esittäminen ei aina riitä teknisen laitteen tai rakennelman hahmottamiseen. Teknisen suunnittelun ammattilaisilta, eli esimerkiksi insinööreiltä ja arkkitehdeilta yleensä edellytetään teknisen piirtämisen osaamista. Sähköala ei eroa muusta teknisestä alasta, sikäli että alan laitteista ja rakennusprojekteistakin pitää yleensä tehdä muun dokumentaation lisäksi piirustuksia, selittämään erinäisten sähköalan projektien vaatimuksia.

Tietokoneavusteinen piirtäminen, vanhankantaiselta termiltään koneellinen piirtäminen perustuu tietokoneohjelmien piirustus-, laskenta- ja kirjoitusohjelmien hyötykäyttöön. Perinteisesti tekninen piirtäminen on tehty kynällä paperille, tietokoneen myötä lopullisissa piirustuksissa on siirrytty paperitulosteisiin ja joskus jopa täysin sähköiseen muotoon. Koneellisen piirtämisen pääasiallinen tarkoitus on siirtää aiempia rutiinitehtäviä, kuten kuvien monistusta, siirtämistä, peilaamista, tai kiertämistä tietokoneen tehtäväksi ja säästää näin myös aikaa. Varsinainen tietokoneavusteinen suunnittelu alkoi 1960–1970 –lukujen vaihteessa, silloin siirtymistä tietokoneohjelmiin hidasti laitteiden hinta, koska tietokonelaitteiden tai edes ohjelmien massatuotantoa ei

vielä tunnettu, vaan kaikki laadittiin asiakkaan tarpeiden mukaan. 1980- luvun alussa alkoi nopea kehitys sekä laitteisto-, että ohjelmistopuolella, joka johti siihen että tietokoneohjelmat valtasivat alaa perinteiseltä tekniseltä piirtämiseltä. Nykyään valtaosa suunnittelutyöstä tehdään tietokoneavusteisena suunnitteluna. Tietokoneavusteisesta suunnittelusta käytetään usein englanninkielistä termiä CAD, joka tulee sanoista Computer Aided Design. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2002: 41.)

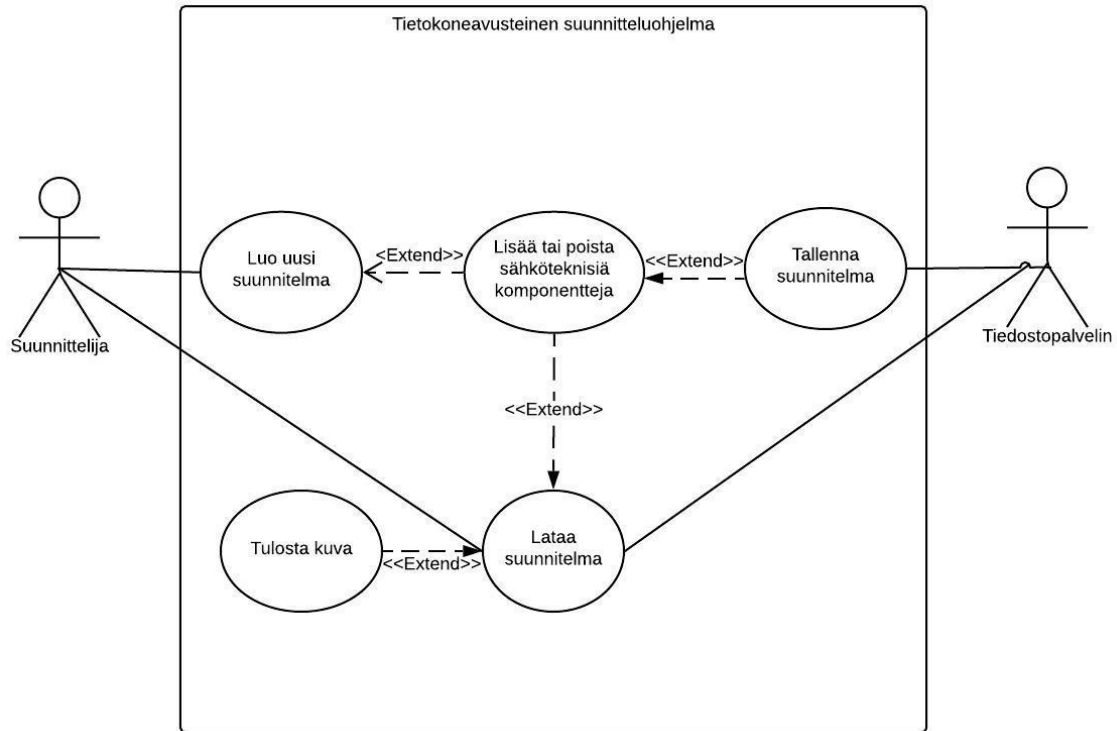
Tietokoneen nähdään helpottavan suunnittelua myös, koska tietokone voi:

- suorittaa monimutkaisia laskentatoimia virheettömästi
- säilöä valtavan määrän tietoa
- noutaa tarvittavan tiedon nopeasti
- tuottaa yksityiskohtaisia ja tarkkoja piirroksia
- tuottaa tekstiä nopeasti
- sekä avustaa käyttäjäänsä monin tavoin luoden ihmisen ja koneen välisen vuorovaikutuskanavan (MMI – Man Machine Interaction, nykyisin tunnettu myös kirjainyhdistelmällä HMI – Human Machine Interface). (Haigh 1985: xii.)

Monilla tekniikan aloilla on jatkuva tarve kappaleiden todellisen muodon mallintamiselle kolmiulotteisessa ympäristössä. Perinteisessä kaksiulotteisessa mallintamisessa onkin usein ongelmia esimerkiksi esineiden muotojen ja mittojen laskemisessa. Sähköalalla tällainen ongelma on esimerkiksi kaapeleiden ja johdotuksen todellisten mittojen arvioinnissa, kun esimerkiksi rakennuksen tasokuvaan ei tallenneta kaapeleiden nousua tai laskeutumista eri korkeuksiin. Pinnanmuotojen mallintamisen tutkiminen alkoi 1960 – luvulla ilmailu- ja auto-alojen vetämänä. 1970-luvulla saatiin ensimmäisiä kaupallisia sovelluksia 3D – suunnitteluun. (Haigh 1985: 58.) Kohteen mallintamista kolmiulotteisen geometrian avulla voidaan tehdä tietokoneavusteisella suunnitteluohjelmistolla, jota kutsutaan parametriseksi piirremallinnusjärjestelmäksi. Parametrisuus tarkoittaa käytännössä sitä, että kohteen mittoja pystytään muutamaa missä tahansa mallinnuksen vaiheessa, niin että kohteen geometria muuttuu vastaavasti kaikissa siihen kytkeytyvissä kohteissa. Piirremallinnus on taas sitä, että kohteen hahmottaminen aloitetaan peruspiirteistä, jonka päälle lisätään

aina uusia piirteitä, kunnes käytössä on tarkka malli kohteesta. Kolmiulotteisuuden avulla voidaan saada aiempaa helpommin selville mallinnetun kohteen yhteensopimattomuusongelmista fyysisessä kokoonpanossa ja nähdä kohteen mahdollisia yhteentörmäyksiä toimintaympäristöönsä. (Hietikko 2017: 23.)

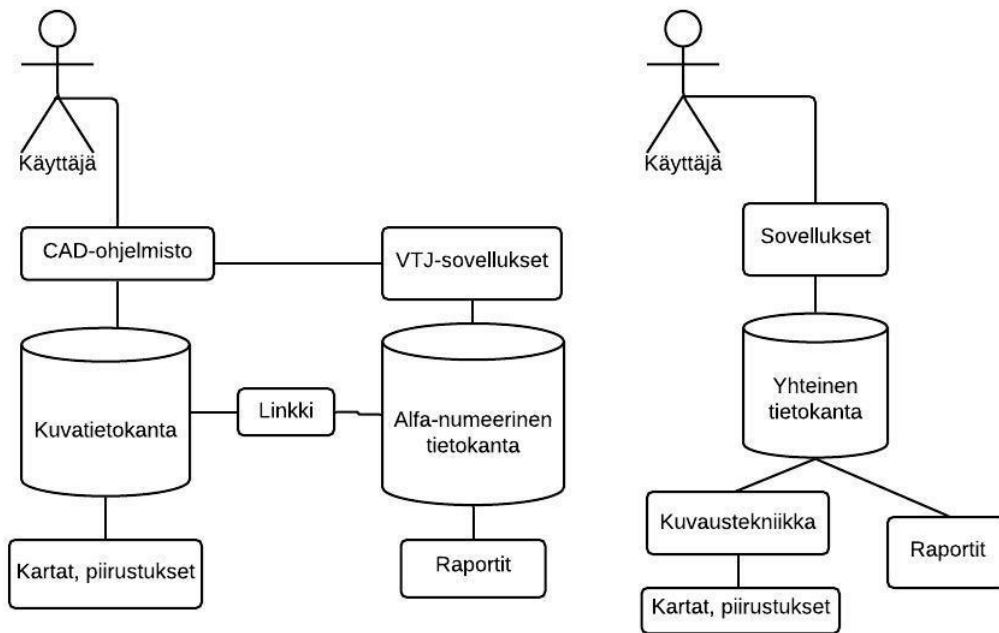
CAD – mallintamisella on myös yhteys tietokone-avusteiseen valmistamiseen, mikä tunnetaan lyhenteellä CAM (eli Computer Aided Manufacturing), koska tietokonemallintamista voi käyttää myös robotiikkaan. Nykyään teollisuus käyttää monessa tuotannon tehtävässä, esimerkiksi kokoonpanossa, hitsauksessa ja maalauksessa tehtävään ohjelmoituja robotteja. Ensimmäiset robotit esiteltiin 1940- ja 1950- luvuilla, mutta niiden käyttötavat olivat rajoittuneita ja ne olivat lähinnä näytekappaleita teknisten tieteiden osaamisesta. Vasta 1960 – luvulla robotteja alettiin nähdä myös (teollisuudelle) hyödyllisissä työtehtävissä. Perinteisellä tuotantorobotilla on aika rajallinen asia tehtäviä mitä se ”osaa” tehdä, tyypillisesti se osaa toistaa yhtä jatkuvasti toistuvaa liikettä virheettömästi, tämänkaltaista robottia kutsutaan ensimmäisen sukupolven robotiksi. Robotteja, jotka puolestaan osaavat säätää toimintaansa kulloisenkin tilanteen mukaisesti, mikä vaatii kehittynyttä laskentatehoa ja jonkinlaista tekoälyä, kutsutaan toisen sukupolven roboteiksi. (Haigh 1985: 199-200.)



Kuvio 8. Tietokoneavusteisen sähkösuunnitteluohjelman käyttötapauskaavio

Tietokoneavusteista sähkösuunnitteluohjelmaa voidaan hahmottaa käyttötapauskaaviolla, josta tulee helposti esiin sähkösuunnitteluohjelman kynnyskysymyksiä. Suunnittelija, joka haluaa käyttää tietokoneavusteista suunnitteluohjelmaa, haluaa joko ladata olemassa olevan suunnitelman tarkasteltavaksi (ja ehkä tulostettavaksi jossain muodossa) tai päivitettäväksi uuden suunnitelman mukaiseksi. Suunnittelija voi myös alkaa piirtämään uutta suunnitelmaa ”tyhjästä”. Kaikissa näistä tapauksista, ohjelman tulee tuntea kulloinkin käytössä olevat sähkötekniset komponentit ja joissain tapauksissa myös tuotetietokannat. Tietokoneavusteisessa suunnitteluohjelmassa yksi pullonkaula on se, että ohjelman pitää olla ajan tasalla, kulloinkin suunnitelmassa käytetyn tekniikan suhteen, mikä tarkoittaa päivitystarvetta itse ohjelmalle. Muokattuja suunnitelmia pitää voida tallentaa takaisin kulloisellekin tiedostopalvelimelle, joka on usein se sama paikka mistä suunnitelmia ladataan. Myös se mitä ”tiedostopalvelinta” suunnitteluohjelmalla käytetään, tulee pullonkaulaksi suunnitteluohjelman toiminnassa. Tekniikan kehitys on johtanut siihen, että helppous on avainsana suunnitteluohjelman käytössä. Aiemmin suunnitelmia on

jaettu levykkeillä, muistitikuilla, sekä sähköpostin välityksellä, joka on ollut kömpelöä. Ei ole vaikea nähdä, miksi pilvitalennukset ovat yleistymässä myös suunnitteluohjelmien puolella. Tehokkaammin pilveen integroiduilla suunnitteluohjelmilla pystytään myös ohittamaan tuotetietokantojen päivityksen tuomat ongelmat.



Kuvio 9. Suunnitteluohjelman kaksi eri tietokantaratkaisua Lakervin (1996) mukaan

Lakervi eritteli vuoden 1996 kirjassaan CAD-ohjelmistolle kaksi erilaista tietokantaratkaisua: ohjelmiston jossa on erilliset tietokannat, sekä ohjelmiston jossa on yhteinen tietokanta graafiselle ja alfanumeeriselle tiedolle. Vaikka yhteinen tietokanta kuulostaakin modernimmalta ratkaisulta, CAD-ohjelmistoissa on vielä nykyaikana yleinen ratkaisu käyttää kahta erillistä tietokantaa. Järjestelmä, jossa on erillinen tietokanta piirrosmerkeille ja tuotetiedoille voi olla edullinen päivityksen suhteen. Sähköalan piirrosmerkit ovat jopa kymmeniä vuosia vanhoja ja uusien piirrosmerkkien vakiintuminen on todella hidasta, toisaalta tuotetietokannat päivittyvät ja muuttuvat äärimäisen nopealla tahdilla. Mikäli tavoite on käyttää CAD-ohjelmaa vain piirustusten tekemiseen, CAD-ohjelmalla johon ei ole kiinteästi sisäänrakennettu myös

tuotetietokantaa voidaan saavuttaa helpommin yhteensopivuus eri piirustusten välillä, koska eroavaisuudet tietokantojen versioissa eivät aiheuta yhteensopivuusongelmia.

Vaikuttaa siltä, että yksi suurimmista tulevista trendeistä CAD – suunnittelussa on pilvipalveluiden käyttöönotto. Pilvipalveluiden käyttöönoton voidaan odottaa helpottavan CAD – piirustusten saatavuutta ja helpottavan yhteistyötä. Pilvipalvelussa toimiva CAD – ohjelmisto poistaa laitteistorajoituksia ja yhteensopivuusongelmia laitteiden kanssa, koska kaikki laskentatoimi suoritetaan pilvessä olevalla koneella. Myös eri suunnittelijoiden välisen yhteistyön odotetaan helpottuvan, koska pilvipalveluiden välityksellä tietoa voidaan siirtää lähes reaaliaikaisesti. Perinteinen tiedonsiirto, mikä nykyään tapahtuu sähköpostilla, FTP -tiedonsiirtoprotokollalla tai vaikka muistitikulla nähdään myös tietoturva-ongelmana, johon pilvipalvelun käyttö tuo ratkaisun. (Skyhigh 2018.) Pilvipohjaiset suunnittelujärjestelmät mahdollistavat myös suunnittelupalveluiden siirtymän ketterään tuotekehitykseen. Ketterän tuotekehityksen etuja normaaliin ovat se, että töitä tehdään samanaikaisesti (perinteisen vesiputousmallin sijaan) jolloin myös suunnittelu-aika vähenee, reaaliaikainen viestintä kollegoiden välillä ja yritysjohtoon päin, sekä paikasta ja ajasta riippumaton mahdollisuus työskennellä projektien parissa. Software-as-a-Service, eli SaaS, tyyppisen pilvipalvelun, jossa suunnitteluohjelma toimii pilvipalvelimella, katsotaan myös helpottavan budjetointia. IT-tukitoimintojen katsotaan helpottuvan, koska CAD – päivitykset voidaan ajaa keskitetysti pilveen. Ohjelmistojen lisenssikustannuksista voidaan saada merkittävää säästöä, kun jokaiselle työasemalle ei pidä ladata erikseen CAD – ohjelmistoa. Myös laitteistokustannuksissa voi tulla säästöjä, kun perinteisissä työasemissa koneissa on pitänyt olla laskentatehoa CAD – ohjelman pyörittämiseen, niin pilvipohjaisissa ratkaisuissa laskentatehon tarve on siirretty palvelimelle. (Hietikko 2017: 15-18)

Nykyaikana siis suurin osa teknisen alan suunniteltutyöstä, myös energia-alalla, on tietokoneavusteista suunnittelua. Tekniikan alalla on tapahtunut nopeasti ensimmäisen aallon digitalisaatio, joka on korvannut paperipiirroksia sähköisellä suunnittelulla. Tulevaisuudennäkyminä digitalisaation kehityksessä ovat aiempaa

monimuotoisemmat ohjelmat jotka tuovat esimerkiksi kolmiulotteisen mallintamisen myös energia-alalle, pilvipalveluiden ja teollisen internetin uudet mahdollisuudet, sekä robotiikan yleistyminen.

Tietokoneavusteinen valmistaminen on yltämässä digitalisaation myötä myös 3D-tulostukseen asti, jossa voidaan tulostaa prototyyppisiä ja valmiita komponentteja. 3D – tulostus pohjautuu siis tietokoneavusteisessa suunnittelussa muodostettuihin mallitiedostoihin. Kuten mainittua, 3D:n suuri etu on se, että sillä voidaan valmistaa prototyyppisiä ja ”pienoismalleja” valmiista tuotteesta halpaan hintaan, joten 3D tulostus murtaa osaltaan teollisuuden toimintamalleja. 3D –tulostus ei kuitenkaan rajoitu tehdaskäyttöön, vaan IT–alan harrastelijatkin voivat toteuttaa sitä kotonaan. Esimerkiksi lentokoneiden valmistuksessa käytetään nykyään valtavasti 3D - tulostusta eri työvaiheiden testaamiseen ja lopullisten osien valmistamiseen. 3D – tulostaminen saattaa siis olla täysin mullistava uusi teknologia, mutta sen tulevaisuus riippuu kansainvälisten standardien omaksumisesta. (Sähkö & Tele 1/2018)

5.3 Valvontajärjestelmät

SCADA, eli Supervisory Control and Data Acquisition, tarkoittaa nimensä mukaisesti ohjelmaa jolla valvotaan jonkin verkon toimintaa. SCADAlla voidaan tarkoittaa kahta erilaista asetelmaa, joka voi johtaa joskus epäselvyyksiin. SCADA voi tarkoittaa kykyä laitteiston valvontaan ja kontrolliin etäältä, toisaalta se voi tarkoittaa myös tietokoneohjattua teollisuusautomaation hallintaa. Sävyero termin käytössä on vieläkin nähtävissä. (Martin & Hale 2010: 98.)

Monimuotoisiin SCADA – järjestelmiin törmää energia-alalla älykkäiden sähköverkkojen puolella, mutta ihan kaikenkaltaisilla sähköverkoilla ja lämmönsiirtoverkoillakin on yleensä jonkinlainen hallintajärjestelmä takanaan, jota siis kutsutaan SCADA – ohjelmaksi. SCADA –ohjelmien käyttö ei myöskään rajoitu jakeluverkkojen puolelle, vaan sellaista käytetään myös esimerkiksi voimalaitosautomaation hallintaan, eivätkä valvontaohjelmat ole harvinaisia muillakaan

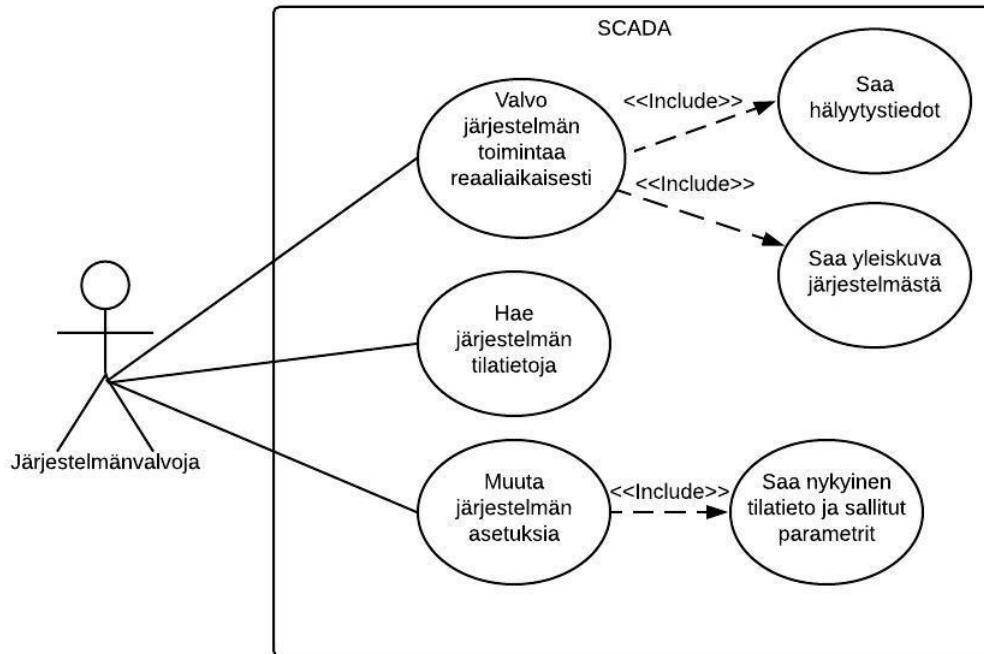
aloilla. Jopa uuden Länsimetron hallintaohjelmana toimii Netcontrolin rakentama SCADA – järjestelmä (Netcontrol 2016).

Automaattista tietojenkäsittelyä alettiin soveltaa sähkönjakeluverkkojen hallintatehtävissä jo 1960 – luvulla. Ensimmäiseksi tietojenkäsittelyn kohteena olivat erilaisten laiterekisterien luominen. Siinä vaiheessa, kun laiterekisterissä olevien laitteiden välille luotiin verkon topologiaa kuvaavia yhteyksiä saatiin laskettua verkon tehonjako- ja oikosulkuvirta-laskelmia. Näin saatiin aikaan ensimmäiset tietokantaa käyttävät verkkotietojärjestelmät. Nykyiset järjestelmät sisältävät laiterekisterin lisäksi myös karttatietoja, muodostaen paikkatietojärjestelmän josta käytetään englanniksi lyhennettä GIS (joka tulee sanoista Geographics Information System). Paikkatietojärjestelmälle tyypillisenä ominaisuutena käyttöliittymä on karttapohjainen, kohteiden ominaisuuksia voidaan hakea kursorilla, sekä tuloksia voidaan liittää verkkokuvaan. (Lakervi 1996: 91.)

Ensimmäisiä SCADA – järjestelmiä käytettiin sähköntuotannon puolella ja ne levisivät sieltä myös jakelun puolelle. Aluksi SCADA -järjestelmät olivat analogisia, mutta nykyään ne ovat digitaalisia. Mikrokontrollien yleistyminen mullisti myös SCADAn käyttökohteet niin, että SCADAlla voitiin ohjata etäterminaaleja. SCADAn hyötykäyttö sähköverkoissa perustuukin verkostoautomaatioon, jonka olennainen osa ovat etäterminaalit (RTU) ja ohjelmoitavat logiikkapiirit (PLC), jotka suorittavat sähköasemien automaatiolaitteiden käskynjakoa (tarvittaessa esimerkiksi avaten ja sulkien yhteyksiä). Sähköasemilla tyypillisesti SCADAlla kontrolloitavat elementit ovat: muuntajat, katkaisijat ja kytkimet. Jännite- ja virtamuuntajia myös tarkkaillaan ohjauspäätösten tekemiseksi ja niiden toteamiseksi. (Sendin ym. 2016: 89-91.)

Etähallinnan laajetessa kävi pian selväksi, että ratkaiseva tekijä näille järjestelmille on kommunikaatioväylä laitteiden välillä. Ensimmäiseksi rakennettiin puhelinyhteyksiä, joita oli kuitenkin kallista rakentaa ja ylläpitää. Sittemmin hallintaan on käytetty esimerkiksi radio-, mikroaalto- ja satelliitti- yhteyksiä, joiden käyttö on ollut edelleen hyvin kallista. Viimeisen vuosikymmenen aikana telekommunikaation hinta on tippunut

valtavasti ja tietokonepohjaisissa hallintajärjestelmissä on tapahtunut huomattavaa kehitystä ja yleistymistä, tehden SCADA – ohjelmistoista aiempaa tehokkaampia ja yhdenmukaisempia ohjelmistoratkaisuja. (Martin & Hale 2010: 98-100.)



Kuvio 10. SCADA -järjestelmän käyttötapauskaavio

SCADA – järjestelmän tulee olla periaatteessa aika yksinkertainen ohjelma käytönvalvojan työkaluksi. Järjestelmän pitää pystyä antamaan yksinkertainen yleiskuva kulloisestakin valvottavan järjestelmän toimitilasta ja hälytykset asioista, joihin on tarvetta reagoida jollain tapaa. Esimerkiksi sähköjakeluverkossa järjestelmänvalvoja ei itse reagoi (tilanteen luonteen vuoksi) oikosulkutilanteisiin, vaan järjestelmä itse kytkee verkosta pois virrat, mutta järjestelmänvalvoja saa valvomoon tiedon siitä, että verkossa on päällä vikatila. Lisäksi SCADA tietää yleensä valvomastaan prosessista, senkin takia että SCADAn pitää osata tehdä laskelmia ja simulaatioita joistain arvoista, paljon enemmän kuin järjestelmänvalvojan on relevanttia tietää valvoessaan järjestelmää. SCADA siis voi ja jossain erikoistapauksissa sen pitääkin kertoa valvojalle sellaista tietoutta järjestelmästä, jota ei tarvitse pitää jatkuvasti silmällä. Valvontaohjelmana SCADalla pystyy myös muokkaamaan järjestelmän

nykyisiä asetuksia. Hyvä valvontaohjelma kuitenkin kertoo mistä jotain arvoa ollaan muuttamassa ja rajoittaa sitä mihin arvoihin kulloistakin tilatietoa saadaan muuttaa.

Kyberturvallisuuden kannalta SCADA – ohjelmisto on aivan keskinäisessä asemassa, koska sen tarkoitus on ohjata ja valvoa automaatiojärjestelmien toimintaa. SCADA muodostaakin houkuttelevan maalitaulun kyberhyökkäyksille, koska sen avulla on mahdollista ottaa haltuun kokonainen järjestelmä. SCADA – järjestelmien haavoittuvuus piilee siinä, ettei niitä ole alun perin suunniteltu liitettäväksi Internetiin ja niiden päivitysväli on usein huomattavan pitkä. Kyberterrorismin todennäköiset maalit ovat kansallisen puolustuksen ja keskeisen infrastruktuurin saralla ja energiansiirto on aivan oleellinen osa Suomen kansallista infrastruktuuria, koska sähkön- tai lämmönjakelun katkeaminen tuottaa helposti välittömiä ongelmia Suomen kaltaisessa pohjoisessa sivistysvaltiossa. (Limnell ym. 2014: 136.)

Yksi avaintekijä SCADA – ohjelmassa, toisin kuin monessa muussa valvottavan verkon komponentissa, on nopeus ja reagointikyky vallitsevaan tilanteeseen. Vuonna 2003 Yhdysvalloissa 50 miljoonaa ihmistä jäi ilman sähköä, kun puu kaatui suurjännitelinjalle. Seurauksena Koillis-Yhdysvaltojen sähköasemat kaatuivat, kuin dominonappulat, kun häiriöön reagoitiin liian hitaasti. Syynä tähän oli silloisten tietokoneiden ja simulointiohjelmien (eli SCADAn) hitaus. Verkon tilaa päivitettiin vain kymmenen minuutin välein. Onnettomuuden jälkeen järjestelmä päivitettiin raportoimaan verkon tilaa viiden minuutin välein, joka on luultavasti edelleenkin liian hidas päivitysväli. (Vuorinen 2009: 57-58.)

5.4 Kodinohjausjärjestelmät

Muiden internetin ilmiöiden ohessa myös Internet of Buildings tekee tuloaan. Yksi IoB:n ilmentymä on kotienergianhallintajärjestelmä (HEMS), joka älykkäiden sähköverkkojen ja internetin yleistyessä tuo kuluttajatasolle järjestelmän jolla hallitaan asuinrakennuksen sähkönkulutusta. Erilaisia energianhallintajärjestelmiä on käytetty jo pitkän aikaa osana rakennusautomaatiota. HEMS on tuore asuinrakennusten asukkaille

suunnattu ja tarjottu palvelu. Vaikka energiaa säästävät laitteet säästävät itsessään sähköä, HEMS:n tarjoama laitteiden automaattinen poiskytkentä ja käyttö tuovat lisäsäästöjä sähkönkulutuksesta. HEMS itse on laitteisto, jonka avulla kuluttaja voi tarkkailla ja hallita sähkönkäyttöään. Täysin kehittynyt HEMS – järjestelmä tunnistaa ja painottaa käyttäjän prioriteetteja, ottaen vastaan sähkön hintatietoja ja hakee datapilvestä esimerkiksi säätietoja. Yhdistämällä saamaansa informaatiota HEMS on kykenevä päättämään kuluttajan kannalta edullisimmat käyttöajat eri laitteille. HEMS käyttää eri ohjelmistoja, laitteita ja mittauslaitteita auttaakseen kuluttajaa pienentämään sähkölaskujaan. Yleismääritelmä HEMSille onkin: Asuinrakennuksen (sähkön) käyttöön omistautunut järjestelmä, joka mahdollistaa valvonnan, hallinnan, sekä kulutuksen optimoinnin. (Amoo ym. 2016: 1.)

Kodinohjausjärjestelmän käyttötapauskaavio muistuttaa kovasti SCADA –järjestelmän käyttötapauskaaviota, kuten **kuviossa 10** on esitetty. Myös kodinohjausjärjestelmällä valvotaan järjestelmän, joka muodostuu tällä kertaa kodin sähkökäyttöisistä laitteista, tilaa. Kodinohjausjärjestelmällä on myös tarkoitus tehdä käyttäjälle suotuisia muutoksia kodista löytyvien sähkölaitteiden toimitiloihin. Kodinohjausjärjestelmä ei kuitenkaan ole niinkään tarkoitettu erilaisten hälytysten generointiin ja välittämiseen.

Kodinohjausjärjestelmillä on jo miljardimarkkinat. ABB on valmistanut jo yli miljoona lanseeraamaansa free@home -kodinohjausjärjestelmää parin vuoden aikavälillä. Uusi trendi kodinohjausjärjestelmissä on langattomuus, joka tulee helpottamaan myös valtavasti uusien kodinohjausjärjestelmien asentamista. Eri maiden kulttuurit ja asiakasryhmät luovat erilaisia tarpeita kodinohjausjärjestelmille. Yksityisrakennuksissa energiansäästöä ei pidetä merkittävänä tekijänä kodinohjausjärjestelmän hankkimiseen, kun taas liikerakennuksissa se on yksi avaintekijä energianhallintajärjestelmän hankkimiseen. Maista Alankomaat ovat (asukaslukuun suhteutettuna) edellä kodinohjausjärjestelmien asentamisessa, määrällisesti Saksassa on eniten kodinohjausjärjestelmiä. Kodinohjausjärjestelmien kulutustottumukset vaihtelevat kulloisenkin maan kulttuurin mukaisesti. Saksassa ja Alankomaassa kuluttajat arvostavat energianhallintajärjestelmän tarjoamia eri mukavuuksia, kun taas

Skandinaviassa ihmiset ovat tarkempia järjestelmien turvallisuusaspekteista. Yksi kodinhallintajärjestelmän erikoissovellus on hotelliautomaatio, jossa hotellin vieras saa esimerkiksi muokattua huoneensa lämpötilaa haluamalleen tasolle, tai luotua huoneen valaistukseen erilaisia käyttäytymismalleja. (Sähkö & Tele 2/2017)

Kotiautomaation tekniikat ja asennuspätevyysvaatimukset kehittyvät jatkuvasti. Ongelmana on se, etteivät kaikki urakoitsijat pysy kehityksessä mukana. Netin kautta ohjattavista kotiautomaatio- ja turvajärjestelmistä ei jokin aika sitten tiedetty vielä mitään, nyt ne ovat yleisiä. Alalla on nykyaikaisiin järjestelmiin erikoistuneita myyjiä ja vain maahantuojien hyväksymiä komponentteja tulee käyttää järjestelmissä. Vanhentuneet järjestelmässä käytetyt laitteet voivat luoda turvallisuusriskin. Laitteistojen valmistajien sivulta tulee tarkistaa säännöllisesti uusimmat laiteajurit ja muu valmistajan tiedotus aiheesta. Wifi – verkkojen haavoittuvuuksia voidaan käyttää myös langatonta yhteyttä käyttävän kiinteistöautomaation häirintään. Tähän asti ilmi tulleet tietosuojamurrot kiinteistöautomaatioon ovat olleet lähinnä ”nörttipaikien kolttosia”, mutta siitä on pieni matka kyberrikoksiin. (Sähkömaailma Tammikuu/2018)

KNX-kiinteistöautomaatiostandardi, jonka kautta rakennusautomaatioratkaisuja useimmiten toteutetaan, tuntuu jatkuvasti vahvistavan asemaansa kotiautomaatiojärjestelmissä. Suomessa KNX:ää käytetään niin yksityiskodeissa, kuin julkisissa rakennuksissakin. Sama KNX mikä sopii tavalliselle energiankuluttajalle, tarjoaa ratkaisut myös huippurikkaille, mistä on esimerkkinä Suomalaisten yksityisten automaatiojärjestelmät, sekä Dubain Volante Towerin automaatiojärjestelmä. Aidosti älykkäässä rakennuksessa kaikki älylaitteet ikkunaverhoista saunan kiukaaseen ovat samassa järjestelmässä ja yhteydessä toisiinsa. KNX on toiminut alkujaan ilman nettiyhteyttä, mutta nykyään kotiautomaatiojärjestelmät toimivat netissä ja uudessa ABB:n, Boschin ja Cison järjestelmässä älylaitteet käyttävät Mozaic-pilveä, jonka kehitystyössä avoimuus ja turvallisuus ovat olleet ensisijaisia lähtökohtia. (Sähkö & Tele 2/2018)

Talotekniikka-alalla tulevaisuuden suurimpana mullistuksena pidetäänkin IoT:n eli esineiden Internetin tuloa rakennusosalalle ja rakennusosalalla IoT:stä käytetään alakäsitettä IoB (Internet of Buildings) eli rakennusten internet. Sen avulla rakennuksiin voidaan luoda aivan uudenkaltaisia palveluita, joihin tekniikka on jo suurilta osin olemassa, mutta uusille innovaatioille on vielä tarvetta. Energianhallintajärjestelmien lisäksi rakennusten Internet mahdollistaa esimerkiksi turvallisuusautomaatiota, sekä uudenkaltaisia viihde- ja viestintäpalveluja. (Sähkömaailma Kesä-Heinäkuu/2017)

Samainen professori Seppo Junnila Aalto-yliopistosta, joka puhuu myös talotekniikkajärjestöjen puolesta, ennakoi älykkäiden rakennusten tuloa myös Sähkömaailma – lehden Marraskuun 2018 numerossa. Esimerkkinä älykkäiden rakennusten tulosta on verkkokauppa Amazonin tukema rakennustuotanto. Amazonin malli perustuu puhetta ymmärtävään virtuaaliavustajaan ja sen ytimenä toimii pilvipalvelu. Palvelun idea on helpottaa asiakkaan elämää ja tarjota turvallisuutta, energiansäästöä ja vähäpäästöistä elämäntapaa. Sähkömaailma – lehden jutun lopussa professori peräänkuuluttaa alan vastuuta standardien luomisesta älykkäiden rakennusten suhteen, mikä on varmasti tarpeen, koska IoB voi tarkoittaa tällä hetkellä vielä niin monta erilaista asiaa.

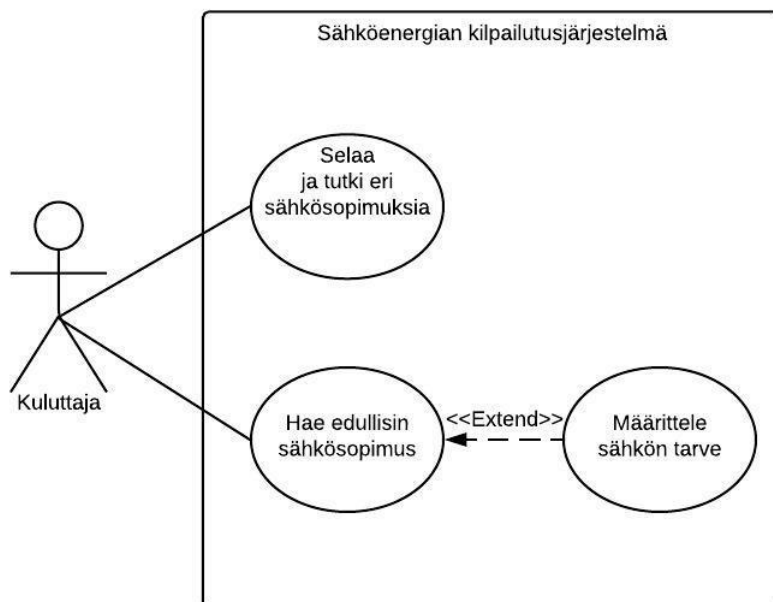
Standardointiin ja yhteisten käytäntöjen etuihin on jo herätty alalla. Sähköinsinööriiliiton Tammikuun 2018 IoT – seminaari kannusti (kiinteistöautomaatio-) alan toimijoita käyttämään avoimia rajapintoja. Kiinteistöohjausjärjestelmien tavoitteita ovat: elinkaariturva, energia-tehokkuus, muuntojoustavuus, hallittavuus, turvallisuus ja käytettävyys. Avoimien ja yleisesti tuettujen protokollien käyttö lisää kiinteistöautomaatiojärjestelmien hallittavuutta, koska silloin automaatioon on helpompi päästä käsiksi. (Sähköala 1-2/2018)

5.5 Sähkön verkkokauppa

Kuluttajalla on ollut vuosien ajan mahdollisuus kilpailuttaa sähkösopimuksensa ja ostaa käyttösähkösä haluamaltaan sähkönmyyjältä. Sähkösopimus tehdäänkin nykyään

useimmiten netin välityksellä. Kaupan liiton (2014) Verkkokauppatilaston mukaan asuminen ja energia, joka kattaa asuntokaupan lisäksi sähkö sopimukset, kattoi vuonna 2014 5% kaikesta verkkokaupasta, muodostaen 551:n miljoonan euron liikevaihdon. Voidaan olettaa, että suuri osa liikevaihdosta liittyi asuntokauppaan, mutta siltikin sähkö sopimuksilla käyty kauppa muodostaa sähkö yhtiöille miljoonabisneksen.

Sähkömarkkinoiden vapautuminen vuonna 1998 antoi kuluttajalle mahdollisuuden valita keneltä sähkönsä ostaa. Hitaan alun jälkeen vuonna 2009 sähkö yhtiön vaihtajien määrä on kaksinkertaistunut niin, että vuonna 2009 11 prosenttia sähkö lämmittäjistä ja 7 prosenttia kerrostaloasujista vaihtoi sähkö nmyyjänsä. Suomessa oli vuonna 2009 noin viisikymmentä sähkö nmyyjää. Kuluttajalle onkin tärkeää kilpailuttaa sähkönsä säästääkseen energiakuluissa. Netissä on useita sähkö n hintaa mittaavia sovelluksia, mutta luotettavimmat kilpailutuspaikat ovat puolueettomia. Yksi hyvä paikka sähkö n kilpailuttamiseen on Energiamarkkinaviraston oma palvelu: www.sahkonhinta.fi. Vaikka kallein sähkö n hinta voi olla jopa yli kaksikertainen verrattuna halvimpaan, sähkö lasku ei tipahda puoleen valitsemalla halvimman sähkö n tarjoajan. Sähkö n hinnasta noin puolet menee sähkö n siirtomaksuun, jolle kuluttaja ei voi tehdä mitään. Tehokkain tapa vaikuttaa sähkö maksuun onkin siis sähkö n järkevä käyttö, johon saa apua esimerkiksi kotiautomaatiojärjestelmillä ja pienisähkö isten laitteiden valinnalla. (Laitinen 2010: 118-121.)



Kuvio 11. Sähkön kilpailutusjärjestelmän käyttötapa-kaavio

Sähkön kilpailuttaminen on tehty teknisesti mahdollisimman helpoksi. Kuluttajan tulee syöttää kilpailutusjärjestelmään tiedot siitä, millainen hänen tilanteensa on sähkön kuluttajana. Näitä tietoja ovat esimerkiksi: asunnon paikkakunta, asumismuoto, asunnon koko, sekä arvio sähkön kulutuksesta. Näiden perustietojen pohjalta kuluttaja saa kilpailutusjärjestelmältä ehdotuksen hänelle edullisimmasta sähkö sopimuksesta. Kilpailutusjärjestelmän puolueettomuus on tässä vaiheessa hyvä juttu, koska jonkin sähkönmyyjän etua havitteleva kilpailujärjestelmä voi ehdottaa kuluttajalle sopimusta, joka ei kuitenkaan ole edullisin mahdollinen. Toinen käyttötapa kilpailutusjärjestelmässä on eri sähkö sopimusten tutkiminen ja vertailu, koska kuluttaja ei välttämättä halua euromääräisesti halvinta vaihtoehtoa, vaan voi lopulta kääntyä esimerkiksi paremmalla maineella toimivan sähkönmyyjän asiakkaaksi.

Itse sähkönmyyjän vaihtaminen on tehty helpoksi. Käytännössä sähkö sopimuksen muuttamiseksi riittää pelkkä yhteenotto uuteen sähkönmyyjään. Myyjän tehtävä on sopia uudesta sähkö sopimuksesta asiakkaan aiemman sähkönmyyjän kanssa. (Laitinen 2010: 121-123.)

Yksi digitalisaatiota mittaavissa tutkimuksissa pärjäävä Energia-alan yritys on Fortum. Fortumin osuus Suomen energiemarkkinoilla on liki kaksikymmentä prosenttia. Suomalaiset eivät ole olleet kovin innostuneita sähkön kilpailuttamiseen ja suurin tarve energiayhtiön valitsemiselle syntyy muuton aikana. Fortumin myyntikonsepti onkin siis markkinoinnin kohdistaminen muuttajille. Fortum onkin muodostanut omasta ja muualta hankittavasta datasta mallin, joka tunnistaa jopa 60 prosenttia lähiaikoina muuttavista ihmisistä. Markkinointia tehdään massamediassa, mutta myös kohdennetusti. Varsinaiset markkinointitoimenpiteet tulevat hakukoneoptimoinnilla ja hakukonemarkkinoinnilla. Digitalisaatio ei ole muuttanut Fortumin markkinointiin käyttämiä kuluja, mutta resursseja on suunnattu uudestaan ja esimerkiksi suorapostitus on jäänyt markkinointikanavista kokonaan pois. (Ilmarinen 2015: 69.)

5.6 Lehdistökatsoaus

Tämän lehdistökatsoauksen tarkoitus on kartoittaa energia-alan uusimpia trendejä ja mahdollisia tulevaisuudennäkymiä tuoreiden alaa käsittelevien aikakauslehtien perusteella. Katsoauksen tarkoitus olisi kerätä yhteen alan ilmiöitä, mitkä eivät muuten näy aiemmissa energia-alaa käsittelevissä kappaleissa, mutta liittyvät silti digitalisaatioon. Muuten lehti-artikkeleita saatetaan käyttää jossain muussa tutkimuksen kohdassa.

Energia-alalla on kaksi merkittäväksi luokiteltavaa aikakauslehteä, joiden julkaisija on STUL: Sähköala ja Sähkömaailma. Sähköala –lehti on sähköalalla toimiville ihmisille suunnattu lehti, joka keskittyy uusien standardien ja teknisten ratkaisujen esittelyyn. Lehden artikkelit käsittelevät laajasti sähkönjakelua, valaistusta, energiatehokkuutta, tietoliikennettä, -verkkoja, –tekniikkaa, sekä automaatio- ja turvajärjestelmiä. Lisäksi lehti esittelee kiinnostavia alan kohteita ja alan ihmisiä. Sisältönsä vuoksi lehden artikkelit säilyvät tuoreina pitkään ja se onkin yksi alan arvostetuimmista julkaisuista. (STUL 2018a) Sähkömaailma -lehti on levikillään (4412) alan luetuin lehti. Sähkömaailma keskittyy alan tapahtumiin ja tiedottaa alan tapahtumista. Lehdessä on asiantuntijahaastatteluja eri alojen asentajilta. (STUL 2018b) Sähkö & Tele on sen

sijaan sähköinsinööriliiton jäsenlehti. Lehden tavoite on kertoa sähkö- ja elektroniikkateollisuuden uusimmista innovaatioista ja tutkimustuloksista, sekä kartoittaa ICT-alan trendejä. Lehti tavoittaa noin 7500 lukijaa ja sen uusin vuosikerta on jo 92. (SIL 2019) Tivi on tietotekniikan ammattilaismedia, joka tarjoaa lukijoilleen tietoa uusista teknologioista, alan menestystarinoista, sekä alan strategioista ja tulevaisuudesta. Tivi tavoittaa viikoittain noin 109000 lukijaa, joista suuri osa on IT-alan ammattilaisia. (Almamedia 2019)

”Sähköala kulkee selvästi digitalisoinnin kärjessä” julistaa Sähköala – lehti (1-2/2019). Vuonna 2018 päättynyt rakennus- ja kiinteistö-alan yhteinen, valtion tukema hallituksen kärkihanke, KIRA-digi paljasti sähköalan olevan edelläkävijä rakennusalojen digitalisoinnissa. Suomen sähköteknisen kaupan liiton, eli STK:n, sähkönumerot.fi – palvelun uusi versio on tällä hetkellä rakennusalan teknisesti kehittynein tuotetietokanta. Tietokannan rakentamiseen on otettu mallia eurooppalaisesta luokittelustandardista, eli ETIMistä (joka on lyhenne sanoista European Technical Information Model). Digitalisoinnin nähdään avaavan alan rajapintoja ja lisäävän vertailukelpoisen datan määrää, näiden uskotaan vähentävän kustannuksia ja parantavan ansaintalogiikkaa. Varjopuolena digitalisoinnin uskotaan lisäävän työelämän vaatimuksia ja uusien työntekijöiden koulutustarvetta.

Sähkömaailma –lehti (Marraskuu/2018) kertoo sähköalan taloushallintaohjelmien ohjelmistoratkaisujen kevenemisestä. Taloushallinnan ohjelmistoilla on ollut pitkään trendinä toiminnallisuuden lisääminen, joka on tehnyt niistä raskaita käyttää. Uusi trendi sähkö- ja rakennusalan taloushallinnan ohjelmilla on kevyempien, nopeampien sekä helppokäyttöisten ohjelmien luominen. Yhä useampi taloushallintaohjelma on myös siirtymässä pilveen ja mobiilikäytettävyys alkaa olla jo perusvaatimus alan ohjelmalle.

Porin Energia valitsi IFS Finlandin uuden toimintaohjausjärjestelmänsä toimittajaksi. IFS -toiminnanohjausjärjestelmiä on käytössä jo Carunalla, Helenillä, Teollisuuden Voimalla, sekä Vantaan Energiolla. Aiemmin Porin Energiolla on ollut käytössään useita eri järjestelmiä. Keskitetyn toiminnanohjausjärjestelmän hankinnan uskotaan

muuttavan taloushallintoa tehokkuus- ja digitalisaatiovaatimusten mukaiseksi. Lisäksi toiminnanohjausjärjestelmällä saadaan läpinäkyvyyttä hankintoihin, tilaus- ja ostolaskujärjestelmän avulla. Taloushallinnon lisäksi Porin Energia käyttää IFS:än projektinhallintajärjestelmää. (Tivi 8.11.2017.)

Finngrid on investoimassa noin 42 miljoonaa euroa Datahubiin, johon on tarkoitus tallentaa tietoa jopa 3,5:stä miljoonasta sähkön käyttöpaikasta. Datahub on sähkön vähittäismarkkinoiden keskinäinen tiedonvaihtojärjestelmä, jonka asiakkaina toimivat 70 sähkömyyntiyhtiötä ja 80 jakeluverkkoyhtiötä, palvellessaan asiakkaitaan. (Sähkö&Tele 7/2018) Vastaavasti CGI on kertonut toimittavansa uuden asiakastietojärjestelmän uudelle Savon voiman, Jyväskylän energian, Kuopion energian, sekä Lappeenrannan energian muodostamalle energiapalveluyhtiölle. Uudella yhtiöllä ei ole vielä nimeä, mutta se on kooltaan Suomen neljänneksi suurin. Uuden yhtiön piiriin kuuluu 250 000 kuluttajaa. CGI:n sopimus kattaa SaaS-pilvipalveluna toimivan Kolibri-tietojärjestelmän, joka käsittää uuden yhtiön asiakas-, sopimus-, mittaus-, sekä kulutustiedot ja laskutuksen. (Tivi, 11.9.2018.)

Visio 2030 seminaari, johon otti osaa yli 200 alan asiantuntijaa ja päättäjää, peräänkuuluttaa Suomea älykkään sähköistyksen mallimaaksi. Norja on suuri haastaja Suomelle älykkäässä sähköistyksessä ja jo nyt aivan omassa luokassaan esimerkiksi sähköautojen yleisyydessä, mutta tavoite on saada vuoteen 2040 mennessä kaikki liikennöinti sähköiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriön) TEMin älyverkkotyöryhmä on vastannut haasteeseen tutkimalla älykkäitä sähköjärjestelmiä. Erityisen huolissaan ollaan nykyisestä kerrostalorakentamisesta, joka ei mahdollista älykkäiden ratkaisujen käyttöönottoa. Tavoitteena olisi asiakaskeskeisten älykkäiden järjestelmien luominen rakennuksiin, jonka takia peräänkuulutetaan suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden vastuuta rakentamisesta. (Sähkömaailma Toukokuu/2018) Älykkään sähköverkon mallimaan saavuttamiseksi yritysten tulee yhdistää voimansa, koska yksittäisten yritysten voima voi olla Suomessa liian pieni. Euroopan Unionin talvipaketin, joka käsittelee uusiutuvan energian uudelleentarkastelua ja bioenergian kestävyyskriteereitä, visiot voisivat olla jo lähivuosina todellisuutta Suomessa. Energiatukia tulisi pohtia uudelleen. Esimerkiksi vihreät kaipaisivat tukien poistoa fossiilisilta polttoaineilta,

mutta puolueiden väliset näkemuserot ovat suuria. Myös sähköautoilu kaipaisi valtion tukea. (Sähkö & Tele 2/2018)

Sähköteknisen alan standardijärjestö SESKOn vuoden 2017 kevätseminaarin keskiössä olivat robotit, IoT, sekä big data. Seminaarin kohokohta oli professori Pentti O. A. Haikosen esittelemä assosiativiseen neuroverkkoon perustuva robotti XCR-1, jolla tutkittiin tietoisuuden käsitettä. Kansanedustaja, Tohtori Jyrki Kasvi taas puhui datan hallinnan vaikeudesta. Massadataa voidaan hyödyntää esimerkiksi palveluiden tuottamisessa, mutta tiedon keruu sisältää myös eettisiä ongelmia. Valtiovarainministeriön VAHTIn (julkisen hallinnon digitaalisen turvallisuuden työryhmän) pääsihteeri Kimmo Rousku taas puhui IoT:n sisältämistä tietoturvariskeistä. Yhteenvetona seminaarista voitaneen sanoa, että: Digitalisaatio tuo alalle erinomaisia tulevaisuuden mahdollisuuksia, kunhan turvallisuus saadaan hallintaan. (Sähkö&Tele 3/2007)

Kotkan Pernoonkosken sähköasema tulee olemaan kantaverkon ensimmäinen digitaalinen sähköasema. Fingridin pilottihankkeen tarkoitus on hahmottaa digiteknologian mahdollisuuksia sähköasemaympäristössä. Digitaalisessa sähköasemassa laitteisto varustetaan optisilla virtamuuntajilla ja valokuituverkolla. Perinteisten kuparikaapelien vaihto valokuituun vähentää kaapelointia jopa 90%. Digitaalisella sähköasemalla on myös älylaitteita, jotka valvovat aseman tilaa ja varoittavat jo ennen kuin jotain menee rikki. Uuden tekniikan odotetaan lisäävän uuden osaamisen tarvetta alalla. (Sähkö&Tele 2/2019)

Uudet teknologiat luovat uusia vaatimuksia älykkäille energiaratkaisuille. Kuluttaja vaatii energiaratkaisuilta taloudellisuutta, helppokäyttöisyyttä ja jopa viihdettä, kertoo Helsingin yliopiston tutkimusjohtaja Eva-Karin Heiskanen Sähköala -lehdessä (6-7/2017). Sähkönkulutuksen seuranta- ja ohjausjärjestelmät ovat kehittyneet. Alati kasvavassa seuranta- ja ohjausjärjestelmien kehittäjien kilvassa, käyttöliittymät ja käyttöjärjestelmät, jotka ovat selkeitä ja yksinkertaisia tulevat olemaan vahvoilla. Käytön helppouden tulee olla vähintään samaa tasoa, kuin verkkopankilla, jotta se tulisi selviytymään kilpailussa kuluttajan ajankäytöstä. Vuoden 2015 etäluettavien

mittareiden kulutusdatan hyödyntämiseen kohdistuvassa hankkeessa ilmeni, että kuluttaja haluaa helppokäyttöisyyden ja toimivuuden lisäksi seurantajärjestelmiltä myös viihdyttävyyttä ja jopa pelillisyyttä. Seurantajärjestelmistä on tulossa yhä tärkeämpi osa esimerkiksi taloyhtiöiden toimintaa, koska sähkön, veden ja lämmönkulutuksen seuraamisen avulla on mahdollista löytää piileviä vikoja, joiden korjaaminen lisää säästöjä ja turvallisuutta.

Sähköala-lehden päätoimittaja Olli-Pekka Kyllönen peräänkuuluttaa pääkirjoituksessaan (Sähköala 5/2018) harkintaa IoT:n ja digitalisaation suhteen. Sähköala on hyvin mukana IoT:ssa: älykkäitä komponentteja valmistetaan, järjestelmiä suunnitellaan, asennetaan, otetaan käyttöön ja ehkä myös päivitetään. Digitalisaatio sen sijaan vaikuttaa rakentamiseen, valmistamiseen ja muuttaa liiketoimintamalleja. Kehityksessä on hyvä pysyä mukana, mutta ensin olisi viisasta lisätä osaamista ja vasta sitten toimia opitun mukaisesti, muuten digitalisaatiosta saattaa tulla ”pilipalisaatiota”.

Wärtsilä on laajentamassa toimintaansa kyberturvallisuuspalveluihin. Kyberturvan nähdään luovan lisää vetovoimaa yrityksen meri- ja energiateollisuudelle. Wärtsilän kyberturvallisuusratkaisujen tarjoaminen on kasvanut erityisesti energia-liiketoimintapuolella, koska jo lainsäädäntö ja sääntely edellyttävät panostusta kyberturvallisuuteen. (Tivi, 16.1.2019.) Teollisuuden kyberturvallisuudessa on alakohtaista eroa. Kyberturvallisuuden kannalta kriittisimmät kohteet ovat: sairaalat, sähköverkot, vesihuolto, rahoitusmarkkina, sekä sotilaalliset kohteet. Pisimmällä kyberturvallisuudessa ovat energia- ja finanssiala. Vesihuolto sen sijaan vasta kehittää toimintaansa kyberturvallisuuden suuntaan. (Tivi, 26.11.2018.) Sähköalan urakoitsijankin tulee olla varautunut tietoturvariskeihin. Sähköalan urakoitsijat ovat usein pieniä (joskus jopa yhden ihmisen muodostamia) PK-yrityksiä. Vaikka urakoitsija olisikin mielestään suojautunut riittävästi kyberuhkilta, urakoitsijalla ei ole tämänkään asian suhteen varaa levätä asian suhteen laakereillaan. Urakoitsijan suurin ongelma tietoturva-asioissa on tiedon vähäinen saatavuus ja tietoja hankitaan satunnaisesti lähinnä netistä ja lehdistä. Urakoitsijat toivoisivatkin parempaa tiedotusta asiasta perillä olevilta tahoilta ja viranomaisilta. (Sähkömaailma kesä-heinäkuu/2017)

VTT:n projekti on löytänyt ratkaisun, joka säästää miljardeja euroja tuulivoimaratkaisuisissa. Tuuliturbiinien siipimateriaalin eroosio on ongelma, joka lyhentää tuulivoimalaitoksen käyttöaikoja. VTT:n antiAGE-projektissa haettiin optimaalisia materiaaliratkaisuja tekoälyn ja 3D-tuloksen avulla. Kyseessä on ensimmäinen kerta, kun materiaalinratkaisuun hyödynnettiin tekoälyä näin laajasti. Tekoälyn luoman mallin etuna nähdään se, että se kykenee ottamaan huomioon niin monta materiaalinratkaisun ulottuvuutta, että ihmisen hahmotuskyky ei riitä niiden läpikäyntiin. (Tivi 10.1.2019.)

Fortum ja Leanheat Oy tarjoavat älykästä ratkaisua, jolla voidaan pienentää lämmityskustannuksia. Ratkaisussa lämpöenergiaa varastoidaan edullisina aikoina ja sitä hyödynnetään, esimerkiksi kylminä talviaamuina, kun sitä tarvitaan. Järjestelmän keskinäinen osa on tekoäly, joka mukautuu automaattisesti muutoksiin, kuten remontteihin. Ratkaisulla on saatu positiivisia tuloksia käytössä ja sillä voidaan pienentää lämmityskustannuksia ja hiilijalanjälkeä. (Sähkö & Tele 4/2017)

Yhteenvetona lehdistökatsauksesta voidaan sanoa, että digitalisaation moderneimmatkin teknologiat: tekoäly ja 3D-tulostus tekevät tuloaan energia-alalle. Tietoturva-asiat ovat digitalisaation myötä myös energia-alan huomion keskiössä. Alalla käytetyt ohjelmistoratkaisut ovat myös kehittymässä aiempaa monipuolisemmiksi ja tehokkaammiksi ratkaisuiksi.

6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus lähti liikkeelle kolmesta eri tutkimuskysymyksestä, joihin saadut vastaukset käydään tässä läpi.

1. Millaisia digitaalisia ratkaisuja energia-alalla käytetään?

Alalla on muiden alojen tavoin siirrytty ”paperittomaan toimistoon”, jossa tietokone on korvannut työvälineenä kirjoituskoneen ja paperiset tulosteet. Alalle tyypilliset suunnittelutehtävät tehdään nykyisin tietokoneella ja tavoiteltavia lopputuloksia voidaan simuloida eri menetelmillä. Verkostoautomaation seuraaminen on tehty helpoksi valvontaohjelmilla, jotka ovat nykyisin kehittyneitä tietokonesovelluksia. Sähkön myynti ja markkinointi on siirtynyt laajassa mittakaavassa Internetin puolelle.

2. Mitä digitalisaatiolle ominaisia ilmiöitä alalta löytyy?

”Paperiton toimisto”, eli kirjoitetun tiedon muuttuminen sähköiseen muotoon on toteutunut käytännössä kaikessa energia-alan toiminnassa. Joidenkin mittareiden mukaan energia-ala edustaa digitalisoinnin kärkeä, jossa (verraten muihin aloihin) sähköistä tietoa on saatavissa poikkeuksellisen runsaasti. Sähköverkkojen automaatio on pitkälti IoT:n eli asioiden Internetin seurausta. Lähes jokaiseen sähköverkon toimilaitteeseen on siis nykyisin tarjolla Internet-yhteys. Lisääntyneen automatiikan ja älykkyyden takia myös mittatiedon määrä on kasvanut, josta seuraa big dataa, josta voidaan tuottaa erilaisia analyysejä.

Alalta löytyy myös 3D- tulostuksen käyttöönottoa, se toimii mainiolla tavalla sähköteollisessa tuotekehityksessä. Uusia laitteita ja menetelmiä voidaan testata (pienessä mittakaavassa) lähes lopullisilla materiaaleilla. Tästä koituu merkittävää hyötyä tuotekehityksajan vähenemisessä. (Sirviö 2019) Esimerkki tämmöisestä 3D tulostuksen käytöstä on tapaus, jossa VTT kehitti uusia pintamateriaaliratkaisuja

tuulivoimaloihin. Luultavasti 3D- tulostuksen tekninen kehitys tekee tekniikasta myös entistä käyttökelpoisemmän sähköalalle.

Pilvitalennus on nyt alan suuri trendi, sen kasvun suurimmat haasteet ovat datan omistaminen, hallinta ja käyttöoikeudet. Lisäksi mukaan tulevat tietoturva-asiat. (Sirviö 2019) Yksi pilvitalennuksen merkkipaaluista alalla oli se, kun ABB julkaisi suojarahon, joka tallentaa tilatietojaan pilvipalveluun. Tulevaisuudessa pilvitalennuksen voidaan nähdä olevan suuri asia niin verkostoautomaatiossa, kuin suunnittelupuolellakin.

3. Millaisia tulevaisuudennäkymiä energia-alalla on digitalisaation suhteen?

Energia-alan osaamisvaatimukset ovat murroksessa. Trendi on se, että alalle tarvitaan enemmän IT-alan osaamista. Digitalisaation ennakoitaan murtavan myös aiempia liiketoimintamalleja, joka voi tarkoittaa uusien yritysten lisäksi uudenkaltaisia henkilöstörakenteita jo olemassa oleviin yrityksiin.

Virtuaalitodellisuus voisi tarjota alan yrityksille uusia oppimisympäristöjä. Esimerkiksi Wärtsilällä on ollut kokeiluja simulaatioympäristöistä, joissa harjoitellaan voimalaitoksen huoltotoimenpiteitä, kuitenkin virtuaalitodellisuus ei ole vielä missään päin energia-alaa laajamittaisessa käytössä.

Lisätyssä todellisuudessa olisi mahdollisuuksia nykyisen toiminnan tehostamiseen. Esimerkiksi älykkäissä sähköverkoissa lisätty todellisuus voisi avustaa asentajien toimintaa vikapaikalla osoittamalla vikapaikkoja ja alueella huomioitavia asioita.

Sähköverkkojen puolella kehittynyt robotiikka voisi auttaa esimerkiksi ilmajohtojen tarkistamista, niin että linjoja voitaisiin kuvata drone-koptereilla. (Sirviö 2019) Teollisuusautomaation kehityksen myötä, kehittynyt robotiikka tulee luultavasti myös vaikuttamaan sähkölaitteiden valmistukseen nykyistä enemmän. Esimerkiksi autotehtaissa robotiikan käyttö on jo nyt arkipäiväistä, kun energia-alalla se ei ole niin yleistä. Tehtaissa toimivat teollisuusrobotit ovat kuitenkin vielä luonteeltaan aika

yksinkertaisia ja monipuolisista toiminnoista voisi olla hyötyä energia-alan komponenttien valmistamisessa. Onkin syytä uskoa, että robotisoitu sähkölaitteiden rakentaminen tulee lisääntymään, koska robotit ovat ihmistä tarkempia ja nopeampia ”yksinkertaisissa” tehtävissä ja teknologian kehitys tulee vaikuttamaan suuresti robottien toiminnallisuuteen ja saatavuuteen.

Tekoäly tekee tuloaan sähköverkkoihin. Tekoälyllä voidaan muodostaa ennusteita ja arvioita tilastoestimointia varten. Tämä tulee olemaan tulevaisuudessa nykyistä tärkeämpää, koska verkon ennustettavuus vaikeutuu hajautettujen energiaresurssien myötä. (Sirviö 2019) Lisäksi lämmönsiirtopuolen automaatiossa on käytössä joitain tekoälyratkaisuja, mutta nämä ratkaisut ovat huonosti dokumentoituja ja luultavasti luonteeltaan hyvin yksinkertaisia.

Lisäksi energia-alalla digitalisaatio tulee murtamaan toimialaa myös erilaisten tietojärjestelmien integraatiolla, uusilla tavoilla havainnollistaa eri järjestelmiä (virtuaalitodellisuus, simulaatiot, tietokoneavusteinen demonstraatio jne.), reaaliaikainen simulaatio tulee lisääntymään, data-analytiikalla on mahdollisuutta saada uutta tietoa, sekä tietoa voidaan tulevaisuudessa yhdistellä aivan uusilla tavoilla. (Sirviö 2019)

Vastaavasti digitalisaatio ja useimmat sen ilmenemismuodot tuovat esiin tietoturva-asiat. Suomessa energia-ala on tietoturva-asioissa kansallisen hyvinvoinnin avaininfrastruktuureista yksi edistyneimmistä aloista (verraten vaikka vesihuoltoon). Tietoturva-asiat tulevat kuitenkin jatkossakin olemaan avainkysymys, eikä energia-alalla ole varaa hyvinolontunteeseen asian suhteen, koska digitalisaatio tulee laajetessaan laajentamaan myös tietoturva-asioihin liittyvien kysymysten skaalaa kautta linjan.

6.1 Pohdintaa aiheesta

Tutkimuksen ilmeisin rajoitus oli saatavissa olevan kirjallisuuden määrä. Energia-alalla on vielä suhteellisen vähän tutkimusta, joka kohdentuisi alan digitalisaatioon. Alan primäärilähteet ovat todella harvassa ja niiden tutkimuksen keila on yleensä liian kapea tämänkaltaiseen tutkimukseen. Toisaalta taas digitalisaatiosta on jo jonkin verran kirjallisuutta ja määrä on vahvasti lisääntyvä. Yksityiskohtana digitalisaatiota koskevasta materiaalista, suurin osa tähän tutkimukseen käytetystä materiaalista oli kirjoitettu viimeisen kahden vuoden sisällä. Energia-alan ulkopuolisen kirjallisuuden käytössä on kuitenkin yksi iso ongelma. Energia-alasta esitetään digitalisaatiota koskevissa teoksissa usein väärää tietoa. Yksi aivan ilmeisistä, mutta toistuvista, asiavirheistä oli älykkään sähköverkon mieltäminen tekoälyllä toimivaksi sähköverkoksi, vaikka älykkään sähköverkon konsepti onkin vain verkon tilojen ja erityisesti vikatilojen nopea välittäminen valvomoon joihin pystytään nopeasti vastaamaan ohjaussignaalilla. Toinen kompastuskivi energia-alalla on jo olevien järjestelmien dokumentoinnin vähyys. Tekoälyä, virtuaalitodellisuutta, sekä lisättyä todellisuutta on kokeiltu joissain yhteyksissä, mutta kokeiluista ja mahdollisesta nykyisestä käytöstä ei ole julkaistu mitään tutkimuksia, tai julkista tietoa niin niistä on vaikea kirjoittaa mitään. Kenties näitä asioita varjostaa myös se, että yritykset ovat aika varovaisia, etteivät tulisi jakaneeksi hyviä ideoitaan kilpailijoilleen. Energia-ala siis kaipaisi lisää tutkimuksia digitalisaation suhteen, kuten kokonaisuudessaan kaikki muukin tekniikan ala. Digitalisaatio tuntuu olevan tutkimaton voimavara, jonka hyötyjen ja varsinkin haittojen tutkiminen saattaisi edesauttaa sitä miten voimme hyödyntää teknisen murroksen suomia uusia mahdollisuuksia. Digitalisaatiolla on, kuten aiemmilla teknologisilla murroksilla, vaakakupeissaan tekninen edistys ja ”tylsien” työtehtävien väheneminen, sekä pelko massatyöttömyydestä ja vääjäämätön yhteiskunnallinen murros, joiden väliin on pakko löytää tasapaino. Edistys on vääjäämätöntä, mutta aikamme luddiitit ja muu ja muu muutoksenvastustus uhkaavat tehdä muutoksesta väkivaltaisen.

Tässä tutkimuksessa saadut tutkimustulokset eivät ole ristiriidassa aiempiin oletuksiin digitalisaation luonteesta, ongelma on pikemmin aiemman tutkimuksen puute.

6.2 Johtopäätökset

Tutkimuksessa ilmeni energia-alan vallitsevan trendin olevan digitalisaation jatkuva laajeneminen. Analogiset asiat, kuten paperitulosteet ovat muuttumassa vääjäämättä digitaaliseen muotoon. Joissain asioissa, kuten sähkölaitteiden tietokannoissa, energia-ala on digitalisoinnin kärjessä niin, että digitalisaatiolle tyypillistä asiakaskäyttämisen murrosta ei ole ehtinyt vielä edes tapahtua. Toisissa asioissa, kuten sähkönjakelun murroksessa älykkäisiin verkkoihin, digitalisaatiota syntyy markkinakentän pakottamana, koska yksi syy digitalisaatioon on rahan säästäminen.

Kaiken kaikkiaan energia-ala on pärjännyt perinteisesti hyvin digitalisaatiota mittaavissa tutkimuksissa, eikä trendi ole kääntymään päin. On luultavaa, että energia-alan trendi digitalisaation suhteen on jatkossakin lisääntymään päin. Osa digitalisaatioon liittyvistä ratkaisuista on vielä sellaisia, etteivät sovellu energia-alan käyttöön, tai niistä saatava hyöty on vielä liian vähäinen suhteessa käyttöönottoon, mutta teknologian kehittyessä energia-alallakin tullaan todennäköisesti vielä näkemään monenmoista uutta teknologista innovaatiota ja uuden tekniikan käyttöönottoa.

7 YHTEENVETO

Digitalisaatio vaikuttaa koko yhteiskuntaamme uuden teknologian ja niiden luomien uusien toimintatapojen vallatessa elinympäristöämme. Digitalisaatio on tehokas, koska se perustuu kolmeen yhtäaikaiseen murrokseen: markkinoiden, teknologian sekä asiakaskäytöksen murrokseen. Teknologian murros tarkoittaa uusien teknisten laitteiden markkinointia, markkinoiden murros yritysmaailman halua pysyä uusimman ja tehokkaimman teknologian perässä ja asiakaskäytöksen murros sitä että uudelle teknologialle löytyy aina kiinnostunutta ostajakuntaa. Ilman näiden kolmen voiman yhteisvaikutusta lopputulema ei ole digitalisaatio. Usein digitalisaation rinnalla kulkeva termi digitalisointi ei ole sama asia, kuin digitalisaatio. Digitalisointi tarkoittaa esimerkiksi painetun tiedon siirtämistä tietokonemuotoon. Digitalisointi eroaa digitalisaatiosta siten, että digitalisaatio tapahtuu, kun siihen on tarvittavat laitteet, eli teknologian murros on tapahtunut, mutta digitalisaation vaatimia markkinoiden ja asiakaskäytöksen murroksia ei ole välttämättä vielä tapahtunut. Joka tapauksessa digitalisaatio on kuitenkin parhaillaan ympärillämme tapahtuma ilmiö. Vaikka digitalisaatio tuntuukin olevan nykypäivän muotisana, se on alkanut lähes varkain, jo 1900-luvun lopulla, ilmiöön on havahduttu vasta viime vuosina. Digitalisaatio itsessään taas ei ole luultavasti sen kummoisempi murros, kuin 1700 – luvun lopussa käynnistynyt teollinen vallankumous. Digitalisaatiolla on siis valtava vaikutus ympäristöön, jossa elämme, mutta sen synnyttämät huolenaiheet ja vaikutukset ovat hyvin samankaltaisia kuin yli kaksisataa vuotta sitten teollisella vallankumouksella. Yhteiskunnallinen murros, teollinen työttömyys, vanhan kulttuurin katoaminen, sekä kehittyvä kapitalismi, ovat olleet pinnalla jo vuosisatojen ajan. Digitalisaation aiheuttama markkinoiden murros tapahtuu hiljalleen ja on usein alakohtaista miten vaikutus digitalisaatiolla on. Paineet sanomalehdet ovat katoamassa, verkkokauppa vie kivijalkakauppojen myyntiä ja kehitys on muutenkin kovaa teknisillä aloilla. Toisaalta esimerkiksi maa- ja metsätalouseläällä digitalisaatio on hidasta suurestikin alan fyysisen luonteen takia. Energia-ala on hyvin teknisenä alana lähellä digitalisaatiota ja pärjää usein hyvin erilaisissa digitalisaation asteen mittauksissa. Energia-ala voikin olla hyvä indikaattori digitalisaation tutkimiseen ilmiönä.

Energia-alalla digitalisaatiota on tapahtunut asteittain tarvittavan teknologian kehittyessä. Energia-alan toimistotoissa digitalisaatio on jo pääosin toteutunut ”paperittoman toimiston” toteutuessa alalla, niin että pääsääntöisesti kaikki ennen paperilla tehty tehdään nykyään tietokoneella. Energia-ala, varsinkin sähkönjakelualalla, on erinomainen ala massadatan keräämiseen ja niistä tehtävien analyysien tekoon, mittaritietojen paljouden myötä. Massadatasta saatuja analyysejä onkin hyödynnetty vuosikautia sähköyhtiöiden toiminnassa, siis kauan ennen kuin ilmiö on nimetty digitalisaatioon kuuluvaksi big dataksi. Big data tulee olemaan tulevaisuudessakin sähköyhtiöille tärkeä tiedonlähde ja sen määrä on vain kasvamaan päin. Yksi syy, miksi big data yleistyy nykyään nopeasti, on teollisen Internetin kasvu ja siitä seuraava mittaustietojen ja muun datan helpompi saatavuus. Teknologian murros mahdollistaa entistä halvemmat ja tehokkaammat Internet-yhteydet. Asiakaskäytöksen murros tukee sitä, että jokaiseen kodinkoneeseen aina kahvinkeitimestä sähkökiukaaseen pitää olla oma nettiyhteys. Markkinoiden murros taas luo yrityksille paineita Internetin saatavuuden hyötykäyttöön. Energia-alalla sopiva kohde tälle ilmiölle on älykkäiden sähköverkkojen kehittäminen, niin että lähes jokaiselle sähköverkon toimilaitteelle on oma nettiyhteys valvontaa ja usein myös etäkäyttöä varten. Älykkäät sähköverkot luovat myös tilauksen mobiilinetin käyttöön, niin että jokaiseen verkkokohteeseen ei pidä vetää nettiyhteyttä ja vikapaikkojen löytäminen sekä korjauksen koordinointi ovat entistä helpompia. Energia-alalla on myös ollut jo kauan ennen digitalisaatiota automaatiolaitteita, jotka helpottavat verkon, tai voimalaitosautomaation, käyttöä. Energia-alan tuotteita valmistavissa tehtaissa on ollut jo kauan teollisuusautomaatiota. Tulevaisuudessa nämä automaatioympäristöt ovat siirtymässä kohti robotisaatiota ja älykkäitä robotteja. Kasvava määrä eri toimilaitteita ja osin myös toimistoissa tehtävät suunnittelu- ja kirjanpitytöet luovat myös paineita erilaisten pilvipalveluiden käyttöönottoon. Toisaalta alalla ei käytetä käytännössä lainkaan tekoälyä, virtuaalitodellisuutta, lisättyä todellisuutta, tai 3D -tulostusta. Tekoäly voisi olla hyödyllinen vaikka verkostonvalvonnan ennustuksia laadittaessa, virtuaalitodellisuus alan koulutuksessa ja lisätty todellisuus alan asentajien apuvälineenä. 3D –tulostuksesta on sen sijaan yksittäisiä tapauksia, joissa on pystytty rakentamaan alan laitteiden prototyyppejä, mutta 3D tulostus ei ole muuten pesiytynyt alalle sillä mittakaavalla, mikä olisi mahdollista.

LÄHDELUETTELO

- ABB. (2014) Ainutlaatuinen pilvipalvelu reletiedon suojaamiseksi. *ABB Power- ABB Oy:n asiakaslehti* [Verkkodokumentti] 1/2014 [26.12.2018], 5. Saatavissa: <http://search-ext.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK106103A3018&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>
- Almamedia. (2019). *Tivi –lehden mediatiedot*. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 19.3.2019]. Saatavissa: <https://www.almamedia.fi/mainostajat/mediat-ja-palvelut/talous-ja-ammattilaismediat/tivi>
- Amoo, A., F. C. Flores & S. Ranalkar (2016). *Home energy managements system*. [verkkodokumentti]. [viitattu 24.12.2018]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/308881096_Home_Energy_Management_System
- Borgman, C. L. (2015). *Big data, little data, no data: Scholarship in the networked world*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press. ISBN 978-0-262-02856-1
- Cohn, J. (2015). Transitions from Analog to Digital Computing in Electric Power Systems. *IEEE Annals of the History of Computing*, 37(3), pp. 32-43.
- Collin, J. & Saarelainen, A. (2016). *Teollinen internet*. Helsinki: Talentum. ISBN 978-952-14-2849-4
- Eriksson, H. & Penker, M. (1998). *UML toolkit*. New York (NY): Wiley. ISBN 0-471-19161-2
- Etlatiето Oy (2018). *Digibarometri 2018* [verkkodokumentti]. Helsinki: Etlatiето Oy. [Viitattu 10.12.2018]. Saatavissa: <https://www.etla.fi/wp-content/uploads/Digibarometri-2018.pdf>

- Filippov S. (2018) New Technological Revolution and Energy Requirements. *Foresight and STI Governance*, vol. 12, no 4, pp. 20–33. DOI: 10.17323/2500-2597.2018.4.20.3
- Ford, M. & Laitila, K. (2017). *Robottien kukoistus: Teknologia ja massatyöttömyyden uhka*. Turku: Sannakko. ISBN 978-952-483-322-6
- Haigh, M. J. (1985). *An introduction to computer-aided design and manufacture*. Oxford: Blackwell.
- Haikonen, P. O. A. (2017). *Tietoisuus, tekoäly ja robotit*. Helsinki: Art House. ISBN 978-951-884-643-0
- Hietikko, E. (2017). *3D-suunnittelua pilvessä: Onshape* (1. painos.). Helsinki, Suomi: BoD - Books on Demand. ISBN: 978-951-568-413-4
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu: Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press. ISBN 978-952-495-073-2
- Hirsjärvi, S. & Remes, P. & Sajavaara, P & Sinivuori, E. (2009). *Tutki ja kirjoita* (15. uud. p. 22. painos.). Helsinki: Tammi.
- IEA. (2017). *Digitalization & Energy*. IEA. Pariisi.
- Ilmarinen, V. (2015). *Digitalisaatio: Yritysjohdon käsikirja* (1. painos.). Helsinki: Talentum. ISBN 978-952-14-2627-8
- Järvinen, A., Mäyrä, I., Fornäs, J., Inkinen, S., Suominen, J., Koskimaa, R., . . . Manovich, L. (1999). *Johdatus digitaaliseen kulttuuriin*. [Tampere]: Vastapaino. ISBN 951-768-059-7

Sirviö, Katja (2019). Projektitutkija, Vaasan yliopisto. Haastattelu, Vaasa 19.2.2019.

Kaupan liitto (2014). *Verkkokauppatilasto 2014*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 20.12.2018]. Saatavissa: <https://kauppa.fi/content/download/83572/1071402/file/Verkkokauppatilasto%202014.pdf>

KEHA-keskus (2018). *Ammattinetti - Energia-ala*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 10.12.2018]. Saatavissa: <http://www.ammattinetti.fi/ammattialat/alahaku/24>

Kipper, G. & Rampolla, J. (2013). *Augmented reality: An emerging technologies guide to AR*. Amsterdam ; Boston, MA: Syngress/Elsevier.

Kippo, A. K. & Tikka, A. (2008). *Automaatiotekniikan perusteet*. Helsinki: Edita. ISBN 978-951-37-4912-5

Laitinen, J. (2010). *Pieni suuri energiakirja: Opas energiatehokkaaseen asumiseen*. Helsinki: Into. ISBN 978-952-5675-73-3

Lakervi, E. (1996). *Sähköjakeluverkkojen suunnittelu*. Helsinki ; Espoo: Otatieto. ISBN 951-672-220-2

Limnell, J., Majewski, K. & Salminen, M. (2014). *Kyberturvallisuus*. Jyväskylä: Docendo. ISBN 978-952-291-047-9

LVM (Liikenne- ja viestintäministeriö) (2017). *Keinotodellisuus vauhdittamaan digitalisaatiota*. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.lvm.fi/-/keinotodellisuus-vauhdittamaan-digitalisaatiota-957714>

- Magenta Advisory (2018). *Suomen Digimenestyjät 2019*. [Verkkodokumentti]. Helsinki: Magenta Advisory. [Viitattu 10.12.2018]. Saatavissa: <https://www.bearingpoint.com/en-fi/our-success/digital-leaders/>
- Martin, P. & Hale, G. (2010). *Automation made easy: Everything you wanted to know about automation and need to ask*. Research Triangle Park, NC: International Society of Automation. ISBN 978-1-936007-06-6
- Marttinen, J. (2018). *Palvelukseen halutaan robotti: Tekoäly ja tulevaisuuden työelämä*. Helsinki: Aula & Co. ISBN 078-952-7190-93-7
- Metsämuuronen, J. (2008). *Laadullisen tutkimuksen perusteet* (3. uud. p.). Helsinki: International Methelp. ISBN 978-952-5372-24-3
- Netcontrol (2016). *Länsimetro*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.12.2018]. Saatavissa: https://www.netcontrol.com/files/9314/7506/0501/M00422-CS-EN-1_Lansimetro_Helsinki-West-Metro-case-study.pdf
- Nuopponen, Anita (2008). *Causal concept systems*. Proceedings of the 8th International Conference on Terminology and Knowledge Engineering, TKE 2008, 17-28. Ed. Nistrup Madsen, B. and H. Erdman Thomsen. Copenhagen Business School, Copenhagen, Denmark. [verkkodokumentti]. [Viitattu 22.12.2018]. Saatavissa: http://lipas.uwasa.fi/~atn/papers/artikkelit/LinkedDocuments/Nuopponen_Causal_ConceptSystems_TKE08.pdf
- Orantes-Jiménez, S. (2015). Paperless Office: A New Proposal for Organizations. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 13(3), pp. 47-55.
- Phadke, A. G. & Thorp, J. S. (1994). *Computer relaying for power systems* (Repr.). New York: Wiley & Sons. ISBN 0-86380-074-2

- Römer, B. (2017). How to shape digitalisation in the energy sector – a new approach for systematic business innovation. *CIREN - Open Access Proceedings Journal*, 2017(1), pp. 2767-2771.
- Salo, Ulla-Maija (2015) Simsalabim, sisällönanalyysi ja koodaamisen haasteet. Teoksessa: *Umpikujasta oivallukseen : Refleksiivisyys empiirisessä tutkimuksessa*, 166-190. Toim: Sanna Aaltonen, Riitta Höglbacka. Tampere: Tampere University Press. [Verkkodokumentti] [Viitattu 25.2.2019]. Saatavissa: https://tuhat.helsinki.fi/portal/files/96911138/salo_simsalabim_umpikujasta_oivallukseen_sivut_166_190.pdf
- Sendin, A. (2016). *Telecommunication networks for the smart grid*. Boston, [Massachusetts]: Artech House. ISBN 13: 978-1-63081-046-7
- Skyhigh (2018). Desktop and Cloud-Based CAD. *Machine Design*, 90(11), p. 84.
- Sorebo, G. N. & Echols, M. C. (2012). *Smart grid security: An end-to-end view of security in the new electrical grid*. Boca Raton [FL]: CRC Press. ISBN 978-1-4398-5587-4
- STUL (2018a). *Sähköala –lehden mediakortti*. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 28.12.2018]. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/lehdet/mediakortit/fi_FI/mediakortit/_files/96357856343362015/default/Sahkoala_mediakortti_2019.pdf
- STUL (2018b). *Sähkömaailma –lehden mediakortti*. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 28.12.2018]. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/lehdet/mediakortit/fi_FI/mediakortit/_files/101034837456327077/default/S%C3%A4hk%C3%B6maailma%20mediakortti%202019.pdf
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry (2002). *Sähköpiirrustuskirja*. 6. painos. Espoo: Sähköinfo Oy. ISBN 952-9756-58-5

- Sähköala (2018). *Yleistä sähköalasta ja sähköisestä talotekniikasta*. [verkkodokumentti]. [Viitattu 10.12.2018]. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/opiskelu/yleista_alasta/fi_FI/etusivu/
- Sähköinsinööriliitto Ry (SIL) (2019). *Sähkö & Tele -lehden mediakortti*. [Verkkodokumentti] [Viitattu: 25.2.2019]. Saatavissa: https://www.sil.fi/site/assets/files/1802/st_mediakortti_2019_17012018.pdf
- Vahvanen, P. (2018). *Kone kaikkivaltias: Kuinka digitalisaatio tuhoaa kaiken meille arvokkaan* (Ensimmäinen painos.). [Jyväskylä]: Atena. ISBN 978-952-452-8
- Valtionvarainministeriö (2016). *Digitalisaatio* [Verkkodokumentti]. Helsinki: Valtionvarainministeriö. [Viitattu 9.12.2018]. Saatavissa: <https://vm.fi/digitalisaatio>
- Vuorinen, A. (2009). *Energiankäyttäjän käsikirja*. Espoo: Ekoenergo. ISBN 978-952-67057-2-9
- Wortmann, F. (2015). Internet of Things. *Business & Information Systems Engineering*, 57(3), pp. 221-224.
- Xu, M. (2018). The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges. *International Journal of Financial Research*, 9(2), pp. 90-95. [Verkkodokumentti] [Viitattu 6.3.2019]. Saatavissa: <https://doi.org/10.5430/ijfr.v9n2p90>
- Åbro, Matias & Yliaho, Jaakko (2019). Mittauspalvelupäälikkö & Projekti-insinööri, Vaasan sähköverkko Oy. Haastattelu, Vaasa 19.2.2019.