

LUT-yliopisto
School of Engineering Science
Tietotekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö

Jussi Moilanen

**OHJELMISTOTUOTANNON UUSIMMAT TEKNOLOGIAT JA
TYÖKALUT**

Työn tarkastaja(t): D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

Työn ohjaaja(t): D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

TIIVISTELMÄ

LUT-yliopisto
School of Engineering Science
Tietotekniikan koulutusohjelma

Jussi Moilanen

Ohjelmistotuotannon uusimmat teknologiat ja työkalut

Kandidaatintyö

2019

37 sivua 7 kuvaa, 3 taulukkoa

Työn tarkastajat: D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

Hakusanat: ohjelmistotuotannon työkalut, teknologia, kirjallisuuskartoitus

Keywords: software engineering tools, technology, mapping study

Työn tavoitteena on tutkia uusimpia suuntauksia ohjelmistotuotannon teknologioista, ohjelmistoista ja työkaluista. Työ kartoittaa saatavia ja käytettyjä teknologioita ja työkaluja luoden yleiskuvauksen. Tutkimuksessa tutkittiin eri tietokannoista ja hakukoneista vain vuoden 2015 jälkeisiä tieteellisiä dokumentteja. Tieteellisten lähteiden perusteella luodun kartoittamistutkimuksen avulla luotiin järjestys, mikä oli kirjoitetuin aihe ohjelmistotuotannon teknologioissa ja työkaluissa. Tutkimuksen tuloksena pilvipalvelut esiintyivät tieteellisessä kirjallisuudessa eniten. Pilvipalveluiden toimintaa ohjelmistotuotannossa lähdettiin tarkastelemaan enemmän ja etsittiin syitä, miksi siitä kirjoitetaan eniten.

ABSTRACT

LUT-University
School of Engineering Science
Degree Program in Computer Science

Jussi Moilanen

The latest technologies and tools in software engineering

Bachelor's Thesis

37 pages, 7 figures, 3 tables

Examiners: D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

Keywords: software engineering tools, technology, mapping study

The aim of this work is to study the latest trends in software engineering tools and technologies. The work will map out the technologies and tools used to create an overview. In the thesis, scientific documents only after 2015 from various databases and search engines were studied. A mapping study based on scientific sources created an order, which was the most written topic in software engineering technologies and tools. As a result of the research, cloud computing appeared the most in scientific literature. The study started with a more detailed look at cloud in software engineering and tried to find out the reasons, why it appeared the most in literature.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	6
1.1	TAUSTA	6
1.2	TAVOITTEET JA RAJAUKSET	7
1.3	TYÖN RAKENNE	8
2	KIRJALLISUUSKATSAUS	9
2.1	AVAINSANOJEN VALINTA.....	9
2.2	HAKUPROSESSI	10
2.3	TUTKIMUSMENETELMÄN VALINTA.....	12
2.4	TEEMOIHIN JAKO	14
2.5	KARTOITTAMISTUTKIMUKSEN TULOKSET	15
3	PILVIPALVELUT OHJELMISTOTUOTANNOSSA	18
3.1	PILVEN PALVELUMALLIT.....	19
3.2	PILVIPALVELUIDEN KÄYTTÖMALLIT	21
3.3	EDUT JA HAITAT.....	22
3.3.1	<i>Edut</i>	22
3.3.2	<i>Haitat</i>	23
3.4	PILVIPALVELUIDEN TIETOTURVA	24
3.5	PILVIPALVELUIDEN TARJOAJAT JA TRENDIT	25
3.6	PILVIPALVELUIDEN KASVU TIETEELLISESSÄ KIRJALLISUUDESSA	27
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	29
5	POHDINTA JA TULEVAISUUDENNÄKYMÄT	31
6	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET	34

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

AI	Artificial intelligence – <i>tekoäly</i>
IaaS	Infrastructure as a Service – <i>infrastruktuuuri palveluna</i>
IT	Information technology – <i>tietotekniikka</i>
PaaS	Platform as a Service – <i>alusta palveluna</i>
SaaS	Software as a Service – <i>Sovellus palveluna</i>
SSH	Secure Shell
XXS	Cross site scripting

1 JOHDANTO

Tässä kandidaatin työssä tutkittiin kirjallisuuteen pohjautuen uusimpia ohjelmistotuotannon teknologioita, ohjelmointia tukevia työkaluja ja ohjelmistoja. Kirjallisuuskatsauksen perusteella luodaan yleismaallinen kuvaus olemassa olevista teknologiaratkaisuista. Kirjallisuuskatsauksen perusteella kartoitetaan minkälaisia teknologioita ja ohjelmointia tukevia työkaluja löytyy tieteellisistä lähteistä. Löydetyistä teknologioista ja työkaluista luodaan taulukot ja tarkastellaan mikä ilmiö esiintyy kirjallisuudessa eniten. Eniten kirjallisuudesta löydettyä teknologiaratkaisua tutkitaan enemmän ja lähdetään tarkastelemaan tarkemmin syitä, miksi se esiintyy kirjallisuudessa eniten.

1.1 Tausta

Tämän raportin tavoitteena on tutkia nykyisiä työkaluja ja teknologioita ohjelmistotuotannossa ja arvioida sen pohjalta uusimpia suuntauksia, minkälaisen tekniikoiden käyttöön ohjelmistotalot ovat menossa. IT-yritykset (Information Technology) ovat koko ajan teknologisen muutoksen vaiheessa ja tällä hetkellä käytettävissä olevat työkalut ja tekniikat eivät välttämättä ole seuraavana vuonna ajankohtaisia. Digitalisaation muuttaessa maailmaa, muuttuu ja lisääntyy myös tarve uudenlaisille ohjelmistoratkaisuille ja datankäsittelyn tehokkuuden kasvattamiselle (Kortelainen & Happonen, 2017). Samalla kasvaa kysyntä ja muodostuu uusia ilmiöitä ohjelmistotuotannon teknologioille ja työkaluille.

Ohjelmistojärjestelmät ovat menossa koko ajan monimutkaisemmiksi ja vaativimmiksi, edellyttäen uusia tapoja käsitellä, ymmärtää ja visualisoida niitä (Sharma, et al., 2018). Ohjelmistoista on tulossa keskeinen erottelija monille tuotteille. Asiakkaat odottavat yhä enemmän tuotteidensa ohjelmistojen kehittyvän. Riippumatta toimialasta, on ohjelmistopohjaisten järjestelmien suuruusluokka kasvanut joka viiden tai kymmenen vuoden välein. Teollisuudessa yleensä aliarvioidaan tämän kasvun seuraukset. Suurin haaste tulee olemaankin ohjelmistojärjestelmien suuremman koon vaikutukset arkkitehtuurisuunnittelussa, organisoinnissa, testauksessa ja julkaisussa (Bosch 2015, 81-85).

Algoritmit ohjelmistojen sisällä kehittyvät myös älykkäimmiksi ja pystyvät tarjoamaan apua entistä monimutkaisempien ongelmien ratkaisemiseen. Ohjelmistotuotannossa käytössä olevat teknologiat ovat elinehto kilpailukyvyn saavuttamiseksi jatkuvasti kasvavilla markkinoilla. Samalla ohjelmistotuotantoalan yritysten olisi hyvä seurata erilaisia tutkimuksia siitä, mitä teknologioita on olemassa (Jahkola et al, 2017), jotta heidän käyttämänsä työkalut vähentävät ohjelmoijien vastuuta olla tietoisia kaikista uusimmista teknologiatutkimuksista. Ohjelmistokehitys turvautuu koko ajan enemmän uudelleen käytettäviin komponentteihin viitekehysten, kirjastojen, ohjelmointikielien ja työkalujen osalta. Ottaen huomioon tämän kehityksen, ohjelmistoteknologiat muodostavat jatkuvasti kasvavan luettelon rakennuspalikoista järjestelmille, joita on vaikea seurata keskustelukanavien kautta. Järjestämättömät tiedot, epäviralliset termistöt ja erilaisilla foorumeilla käytettävät avoimet luokittelujärjestelmät vaikeuttavat määrittelemään, esimerkiksi ohjelmistotuotannon teknologioiden luettelon (Nassif et al., 2018).

1.2 Tavoitteet ja rajaukset

Ohjelmistotuotanto tarkoittaa tietokoneohjelmistojen rakentamisessa yleisesti käytettyjä tekniikoita, työkaluja, menettelytapoja ja periaatteita (Haikala & Mikkonen 2011, s. 11). Tämän kandidaattityön tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuteen pohjautuen, mitä uusimpia tekniikoita ja työkaluja käytetään globaalisti, ottamatta kantaa menettelytapoihin ja periaatteisiin sen tarkemmin. Tarkoituksena on kartoittaa kirjallisuuskatsauksen perusteella tieteellisiä kirjallisuuden lähteitä, tuoden esiin eri teknologiaratkaisuja ja työkaluja, joita on erilaisten ohjelmistotekniikoiden taustalla. Kirjallisuuskatsauksen haut kohdistuvat trendeihin ja tulevaisuuden näkyymiin keskittyen, mitä teknologioita ja työkaluja hyödynnetään ohjelmistotuotannossa.

Työn päätutkimuskysymys **TK1: Mikä ohjelmistokehitystä tukeva teknologiaratkaisu esiintyy tieteellisessä kirjallisuudessa eniten?** Tiedekirjallisuus on tutkimuksen kontekstissa rajattu tietotekniikkaan. Tutkimuskysymyksen tavoitteena on tuoda esiin erilaisia suuntauksia ja luoda luettelo kartoittamistutkimuksen pohjalta, mitkä ovat nykyiset trendit ohjelmistotuotannon käytetyissä teknologioissa, työkaluissa ja ohjelmistoissa globaalisti. Tutkimuskysymyksen pohjalta saadaan eniten esiintyvä ilmiö, jota voidaan lähteä analysoimaan tarkemmin toisen tutkimuskysymyksen pohjalta.

Tutkimuksen toinen tutkimuskysymys, **TK2: Mistä pilvipalveluihin liittyvistä ilmentymistä tieteellinen kirjallisuus on eniten kiinnostunut ohjelmistotuotannossa?**

Toinen tutkimuskysymys on valittu tutkimaan eniten tieteellisessä kirjallisuudesta esiintyvää teknologiaratkaisua tarkemmin. Toiseen tutkimuskysymykseen otettiin aihealueeksi pilvipalvelut, koska kirjallisuuskatsauksen kartoittamistutkimuksen perusteella huomattiin sen olevan eniten esiintyvä ilmiö kirjallisuudessa ohjelmistotuotannon saralla. Toisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli avata eniten esiintyvät ilmiötä eli pilvipalveluiden suhdetta ohjelmistotuotantoon.

Kysymyksiin etsitään vastauksia kirjallisuuskatsauksen avulla. Työn laajuuden rajoittamisen vuoksi luodaan käytettävistä teknologiaratkaisusta yleisluontoinen kuvaus ja vain yhteen teknologiaan tullaan perehtymään tarkemmin. Työssä ei tulla spesifioimaan, mitkä ohjelmistot ovat parhaita tehtävien suorittamisessa, vaan työn on tarkoitus antaa viitteitä minkälaiset työkalut ja tekniikat esiintyvät ohjelmistotuotannossa eniten. Kirjallisuuskatsauksessa ei tarkastella mitään lähteitä, jotka ovat vanhempia kuin 2015. Rajauksen taustalla on tutkimustyössä tehty teknologian kehittymisen nopeuteen pohjautuva oletus, että ohjelmistotuotannossa käytettävät tekniikat vaihtuvat jatkuvasti ja on oleellisempaa luoda kuvaus uusimmista suuntauksista.

1.3 Työn rakenne

Työ etenee kartoittamistutkimuksessa käytettävien avainsanojen perustelun kautta hakuprosessiin kuvaamiseen, kirjallisuusmateriaalin valintaperusteluihin, kirjallisuuden hakuun, löydetyt kirjallisuuden esittelyyn, tämän kirjallisuuden datan käsittelyyn, josta edetään tutkimuksen analyysiin ja johtopäätöksiin. Tutkimuksen eri käytännön vaiheet on kerrottu auki kirjallisuuskatsaus luvussa yksityiskohtaisesti. Löydetyt teknologiat ja työkalut mallinnetaan yleiskuvallisesti. Teknologiat ja työkalut on jaoteltu teemakategorioihin. Tulokset kerrotaan auki ja havainnoidaan visuaalisesti. Työn kolmannessa luvussa on valittu pilvipalvelut, joita lähdetään tarkastelemaan eri näkökulmista tuoden esiin pilvipalveluiden toiminnan ohjelmistotuotannossa. Tutkimuskysymykseen esitetään vastaus kirjallisuuskatsauksen, kartoittamistutkimuksen ja analysoinnin pohjalta.

2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Kirjallisuuskatsaus jakautuu neljään eri osaan. Ensinnäkin kerrotaan, mitä avainsanoja tutkimukseen on valittu ja minkälainen hakuprosessi tutkimuksessa on ollut ohjelmistotuotannossa käytettävien teknologioiden ja työkalujen osalta. Hakuprosessin aikana määritellään mitä hakutermejä, hakukoneita ja tietokantoja tutkimuksessa on käytetty. Tämän jälkeen tuodaan ilmi, mitä tutkimusmenetelmää on käytetty, jonka jälkeen luvun viimeisessä kappaleessa esitetään kartoittamistutkimuksen tulokset.

Tutkimusta ei ole ohjannut esimääritelty hypoteesi, vaan tutkimus etenee kirjallisuudesta löydettyjen tulosten perusteella. Tutkimukseen liittyvät lähteet kerättiin eri digitaalisten tietokantojen ja hakukoneiden tarjoamien tieteellisten lähteiden avulla. Tässä kappaleessa esitellään, miten tutkimusprosessi on edennyt ja mitä vaiheita siihen on liittynyt.

2.1 Avainsanojen valinta

Tavoitteena kartoittamistutkimusta varten oli löytää kiinnostavia ja relevantteja tieteellisiä tutkimuksia ohjelmistotuotannossa käytettävien teknologioiden, työkalujen ja ohjelmistojen osalta. Tavoitteen saavuttamiseksi etsittiin oikeanlaisia avainsanoja, joiden avulla voitaisiin muodostaa tavoitteen kannalta täsmällisiä hakutermejä.

Työssä lähdettiin etsimään ja muodostamaan avainsanoja kokeilemalla eri hakukoneita ja tarkastelemalla haun tuloksia. Tuomalla esiin mahdollisimman suuren otannan tieteellisestä kirjallisuudesta, otettiin avainsanoihin mukaan vain englanninkielisiä termejä. Tutkimuksessa tavoitteena oli etsiä trendejä ja uusimpia suuntauksia ohjelmistotuotannon saralla, joten avainsanoiksi valittiin ”trends” ja ”future”. Teknologioiden ja työkalujen saamiseksi ja rajoittamalla haut ohjelmistotuotantoon, valittiin avainsanoiksi ”software engineering”, ”tools” ja ”technologies”. Näillä avainsanoilla muodostettiin relevantteja hakutermejä tutkimuksen kannalta. Hakutermit ja prosessi ovat kuvailtu seuraavassa aliluvussa.

2.2 Hakuprosessi

Hakuprosessi toteutettiin etsien tieteellisiä lähteitä kirjallisuudesta manuaalisesti eri sähköisten tietokantojen artikkeleista, konferenssipapereista, kirjoista sekä muista vartenotettavista dokumenteista. Haussa ei käsitelty kirjallisuutta, joka oli julkaistu ennen vuotta 2015, koska tutkimuksen tarkoituksena oli käsitellä uusimpia suuntauksia. Avainsanojen kombinaatioista muodostettiin hakutermejä, joita käytettiin eri tietokantahauissa, jotka on määritelty hakudata-aulukossa (Taulukko 1).

Hakutermin avulla lähdettiin etsimään lähteitä, jotka olivat mielenkiintoisia tutkimuksen kannalta. Tutkimuksessa hyödynnettiin kahta eri hakukonetta LUT Finna ja Elsevier's Scopus, sekä kahta eri tietokantaa IEEE Explorer (Institute of Electrical and Electronics Engineers) ja ACM (Association for Computing Machinery). Hakutermin kriteerinä oli löytää tutkimuksia, joissa esiintyi ohjelmistotuotannon teknologioita, työkaluja tai molempia, sekä samalla rajoittaa hakutulosten määrää. Hakutermit mukautettiin soveltumaan jokaiseen tietokantaan ja hakukoneeseen, rajoitteiden ja ominaisuuksien mukaisesti. Hakukoneiden ja tietokantojen tuloksien kokoluokkana tavoiteltiin 20-100 artikkelia, jotta tarkasteltavien dokumenttien määrä ei kasvaisi liian suureksi ja hakuprosessi voitaisiin suorittaa järkevässä ajassa.

Käytettävien dokumenttien laadun varmistamiseksi, oli hakutulokset indeksoitu vertaisarviointi valinnan mukaisesti. Hakuprosessin aikana myös indeksoitiin hakutuloksia ”software engineering” termin mukaan, jos sellainen vaihtoehto oli olemassa. Avainsanat on yhdistelty ”OR” tai ”AND” loogisilla operaattoreilla saadakseen mahdollisimman tarkennetun ja laaja-alaisen haun.

Haun avulla saaduista tuloksista on ensimmäiseksi karsittu lähteet, jotka eivät olleet asiaankuuluvia tutkimuksen kannalta. Karsinnan jälkeen aiheelliset dokumentit on lähteidenhallintatyökalulla otettu ylös myöhempään tarkastelua varten. Relevanttien artikkelien valintaprosessin jälkeen taulukoitiin niissä esiintyviä teknologioita ja työkaluja luvun 2.3 luokittelun mukaisesti. Teknologian tai työkalunluokan valinnan perusteena on käytetty termin esiintymistä otsikossa, avainsanoissa tai abstraktissa. Jos abstrakti osuus tekstistä on ollut huonolaatuista, on teknologioita ja työkaluja etsitty lisää itse tekstistä.

Taulukoinnin avulla lähdettiin selvittämään kokonaisvaltaista kuvausta ja mistä aihealueista kirjoitetaan eniten.

Taulukko 1. Hakudata

Tietokanta tai hakukone	Hakutermin löydetty lähteet	Tutkimukseen valitut lähteet	Hakutermi
Lutfinna Kansainväliset e-aineistot	76	8	Trends in “software engineering” tools
Lutfinna tiedekirjaston kokoelmat	17	10	Trends in “software engineering” tools
Scopus	86	24	Trends AND in OR future AND of "software engineering technologies" OR "software engineering tools" AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015))
IEEE Explorer	55	28	(((((trends in "software engineering tools") OR future of "software engineering tools") OR future of "software engineering technologies") OR trends in "software engineering technologies"))
ACM	19	14	(trends in future of +"software engineer* tools")

Tietokannat ja hakukoneet mitä tutkimuksessa käytettiin, oli valittu yleisesti suositeltujen tietokantojen joukosta, mitä käytetään tietotekniikkaan liittyvissä tutkimuksissa. Käymällä läpi neljän eri tietokannan hakutuloksia voitiin varmistaa tulosten laaja skaala. Hakuprossin aikana karsittiin tutkimuksia, jotka esiintyivät uudestaan.

2.3 Tutkimusmenetelmän valinta

Tutkimuksessa on otettu viitteitä systemaattisen kartoitustutkimuksen (Systematic mapping study) prosessista (Kitchenham, 2007), mutta ei ole suoritettu täydellistä systemaattista kartoitustutkimusta aikarajoitteiden ja resurssirajoitteiden vuoksi. Tutkimuksessa on myös otettu tietoa, miten suorittaa muita aiheeseen liittyviä systemaattisia kartoitustutkimuksia, esimerkiksi (Portillo-Rodríguez, et al., 2012).

Teknologioiden luokittelun osalta kirjallisuudesta löydetty aihepiirit ovat muodostuneet hakuprosessin tuloksena. Tutkimuksessa kirjallisuudessa esiintyviä lähteitä etsittiin hakuprosessin mukaisesti kahden iteraation verran. Ensimmäinen iteraatio ei ollut järjestelmällinen, vaan lähdettiin kokeilemaan minkälaisilla hakutermeillä ja avainsanoilla saataisiin parhaimpia tuloksia, pitämällä kuitenkin mielessä tutkimuksen agendan. Ensimmäisen iteraation aikana huomattiin tiettyjen teknologioiden toistuvan, jonka avulla muodostettiin siemenkategoriat teknologioiden osalta, jotka vakiintuivat teknologialuokkiin myöhemmin (Taulukko 2). Ensimmäisen iteraation aikana muodostui myös lopulliset hakutermit, joita käytettiin toisen iteraation aikana.

Taulukko 2. Teknologiat.

Technologies	Teknologiat
Artificial intelligent	Tekoäly
Blockchain	Lohkoketju
Cloud computing	Pilvipalvelut
Containers and virtualization	Kontit ja virtualisointi
Cybersecurity and security	Kyberturvallisuus ja turvallisuus
Internet of things	Esineiden internet
Mobile computing technologies	Mobiiliteknologiat
Virtual and augmented reality	Virtuaalinen ja lisätty todellisuus
Web technologies	Web-pohjaiset teknologiat

Swebok on yleisesti hyväksytty tietokirja, joka kertoo ja määrittelee perusteellisia konsepteja ohjelmistotuotannosta (Bourque et al., 2014). Swebokin uusin versio on

vuodelta 2014, joten siinä on jo vanhentunutta tietoa, mutta sitä voi käyttää hyvänä pohjana, esimerkiksi työkalujen määrittelyyn. Ensimmäisessä iteraatiossa työkalujen osalta lähdettiin käytännönläheisemmästä näkökulmasta, taulukoimalla työkaluja omasta kokemuksesta ohjelmiston elinkaaren perusteella. Näitä olivat muun muassa versionhallinta työkalut, testaamiseen liittyvät työkalut, tietokantatyökalut ja ohjelmointiin liittyvät työkalut. Työkaluluokissa huomattiin yhteneväisyyksiä Swebok:n määrittelemien työkaluluokkien mukaan, joten löydettyjä työkaluja taulukoitiin Swebok:n määrittelemien ohjelmistojensa-alueiden mukaisesti, jotka ovat suomennettu alla olevassa taulukossa (Taulukko 3).

Swebok:ssa määritellyt työkaluluokat eivät ohjelmistotuotannon nopean kehityksen vuoksi vastaa täysin kaikkiin työkaluihin, jolloin yksittäisen työkalun luokittelu on ollut hankalaa. Työkalut, jotka eivät kuuluneet mihinkään luokkaan on asetettu kategoriaan ”muut työkalut”.

Taulukko 3. Työkalut.

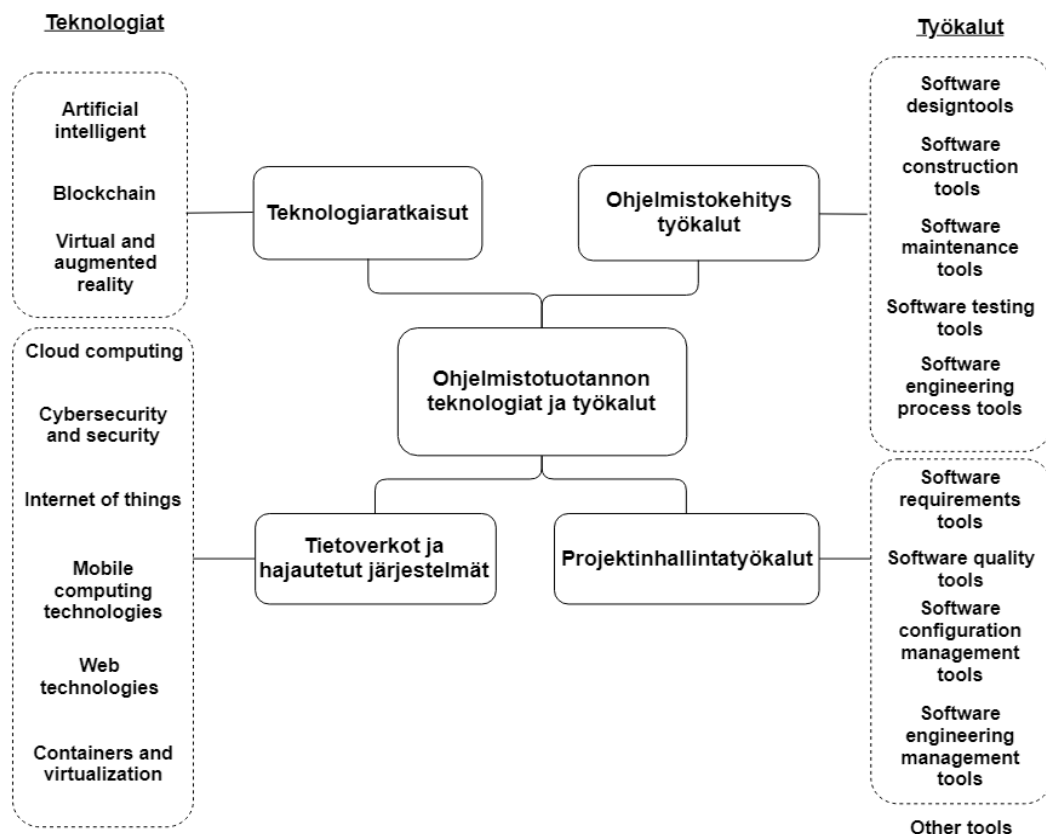
SWEBOK Category of Tools	SWEBOK Työkaluluokat
Software requirements tools	Ohjelmistovaatimustyökalut
Software design tools	Ohjelmiston suunnittelutyökalut
Software construction tools	Ohjelmistojen rakennustyökalut
Software testing tools	Ohjelmistojen testaustyökalut
Software maintenance tools	Ohjelmiston ylläpitotyökalut
Software configuration management tools	Ohjelmiston määritysten hallintatyökalut
Software engineering management tools	Ohjelmistotekniikan hallintatyökalut
Software engineering process tools	Ohjelmistotekniikan prosessityökalut
Software quality tools	Ohjelmistojen laatutyökalut
Other tools	Muut työkalut

Toisen iteraation aikana käytiin järjestelmällisesti eri tietokannat ja hakukoneet yksitellen. Tutkimuksessa taulukoitiin tulokset Microsoft Excelin avulla. Löydättäessä hyödyllinen artikkeli taulukointiin siitä lähdetiedot, julkaisuvuosi, löydetty teknologiat ja työkalut. Instanssi tässä tapauksessa on uusi löydetty teknologia tai työkalu. Uuden instanssin löytyessä lisättiin se taulukkoon. Lopuksi muodostettiin löydettyistä instansseista summat,

jotta voitaisiin muodostaa vertailevia graafeja ja nähdä vallitsevia suuntauksia eri teknologioiden ja työkalujen osalta.

2.4 Teemoihin jako

Eri teknologiat ja työkalut on jaoteltu teemoittain niiden yhtäläisyyksien mukaisesti. Teemoittain jaon tavoitteena on havainnollistaa kirjallisuudessa eniten esiintyviä suuntauksia ohjelmistotuotannossa eri näkökulmasta. Teemat ovat jaoteltu teknologia -ja työkalukeskeisiin ilmentymiin (Kuva 1). Tekoäly, lohkokehitys ja virtuaalinen ja lisätty todellisuus ovat jaoteltu teknologiaratkaisuiksi. Pilvipalvelu, kyberturvallisuus ja turvallisuus, esineiden internet, mobiiliteknologiat, web-teknologiat, kontit ja virtualisointi, muodostivat teeman tietoverkot ja hajautetut järjestelmät. Työkaluluokat oli jaoteltu ohjelmistonkehitystyökaluiksi ja projektinhallintatyökaluiksi.

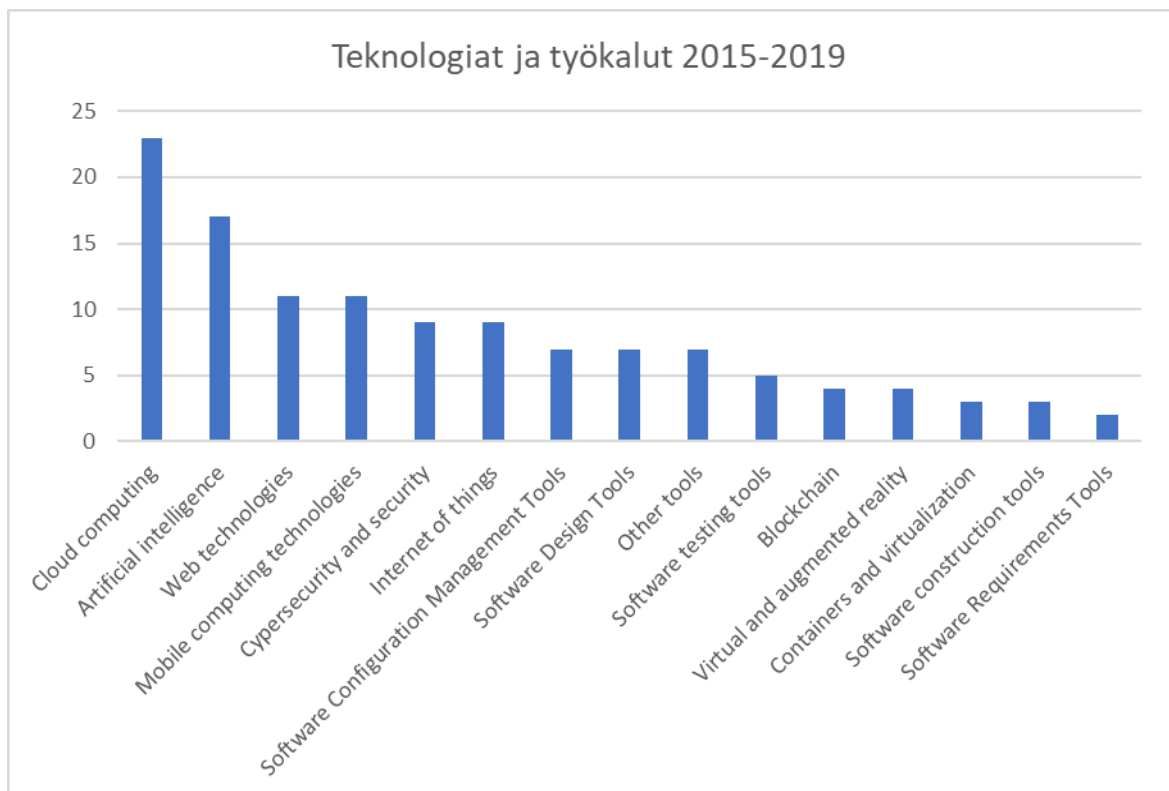


Kuva 1. Ohjelmistotuotannon teknologia ja työkaluluokat teemoittain.

Monet teknologiat, kuten turvallisuus, pilvipalvelut ja tekoäly voitaisiin luokitella myös muihin teemoihin, koska niillä on piirteitä muistakin teemoista, mutta ne ovat havainnollistamisen vuoksi jaoteltu vain yhteen teemakategoriaan.

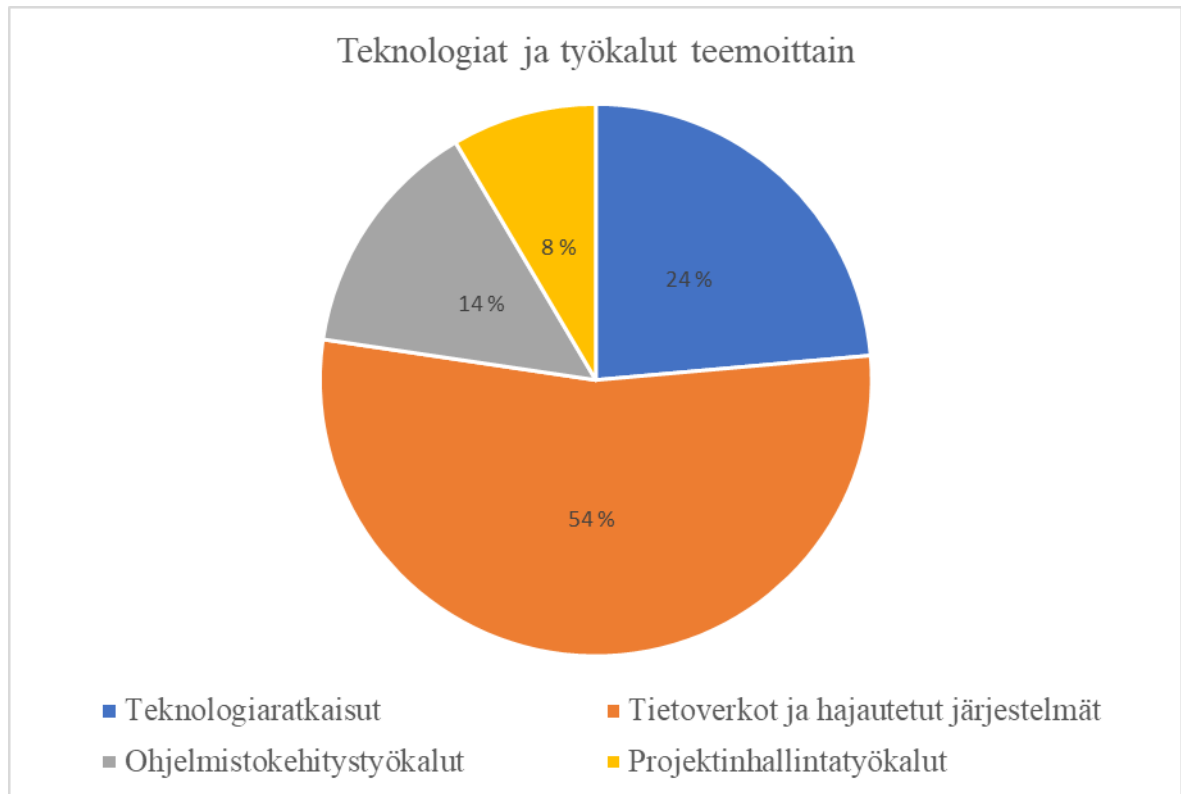
2.5 Kartoittamistutkimuksen tulokset

Kartoittamisen aikana tutkimuksessa käytiin yhteensä 253 eri tutkimusta, joista relevanteiksi tutkimuksiksi osoittautui 84. Näiden dokumenttien perusteella on luokiteltu eri teknologiat ja työkalut niistä on muodostettu tulokset, jotka on listattu suuruusjärjestykseen (Kuva 2). Yksi työkalukategorioista on ”muut työkalut”, joiden työkalut koostuvat työkaluista, jotka eivät soveltuneet mihinkään kategoriaan. Kartoittamisen aikana rajatapaukset on analysoitu tarkemmin, ja moneen eri aihealueeseen kuuluneet teknologiat tai työkalut on asetettu vain yhteen kategoriaan.



Kuva 2. Teknologioiden ja työkalujen esiintyminen kartoittamistutkimuksen perusteella.

Teknologioiden ja työkalujen tulokset teemoittain jaon perusteella on esitelty (Kuva 3), josta voidaan havainnoida teknologioiden yleisyyden kirjallisuudessa verrattuna työkaluihin. Eniten huomiota sai tietoverkot ja hajautetut järjestelmät (54%).



Kuva 3. Teknologiat ja työkalut teemoittain.

Kartoittamistutkimuksessa eniten esiintyvä suuntaus oli *cloud computing* eli pilvipalvelut. Pilvipalveluiden suosio ilmeni jokaisella eri hakukoneella ja tietokannalla. Pilvipalveluita on esitelty tarkemmin luvussa 3. Seuraavaksi suurin kategoria oli *Artificial Intelligence*, eli tekoälyyn liittyvät ratkaisut. Yleisimmät tekoälyyn liittyvät ratkaisut keskittyivät koneoppimiseen ja neuroverkkoja hyödyntäviin ratkaisuihin. Tekoälyn yleisyyttä kirjallisuudessa on pohdittu lisää myöhemmin.

Web teknologiat olivat kolmanneksi eniten esiintyvä kategoria yhdessä mobiiliteknologioiden kanssa. Web teknologiat kategoria käsittää sisälleen mikropalvelut, progressiiviset web sovellukset sekä muut web-kehitykseen liittyvät teknologiat. Mobiiliteknologiat kategoria liittyi uusimpiin teknologioihin, jotka käsittelivät aihealuetta

mobiili puolelta. Mobiiliteknologioiden osalta tuli päällekkäisyyttä muiden kategorioiden osalta. Dokumentit, jotka ovat käsitelleet mobiiliteknologioita sekä jotain muuta aihealuetta on jaoteltu mobiiliteknologioihin.

Ohjelmistotyökalukategorioista ohjelmistotekniikan hallintatyökalut, Ohjelmistojen laatutyökalut ja ohjelmiston ylläpitotyökalut eivät esiintyneet kertaakaan. Syynä tähän on työkaluluokkien vanhentuneet luokat ja luokkien läpileikkaus muiden luokkien kanssa, jolloin tiettyjä työkaluja on asetettu vain yhteen luokkaan. Esimerkiksi ohjelmistotekniikan hallintatyökalut ja ohjelmistovaatimustyökalut voivat kuulua molempiin luokkiin. Työkalujen osalta suuntaukset näkyvät parhaiten teemoihin luokittelun kautta.

Työkalujen joukosta ei noussut selkeätä ilmiötä, mikä olisi vallinnut. Eniten esiintyvä työkaluluokka oli ohjelmiston määrittysten hallintatyökalut, jotka sisältävät pääasiassa versionhallintaan liittyvät työkalut, kuten Github ja Bitbucket. Ohjelmiston elinkaaren jokaiselta eri osa-alueelta löytyi ratkaisuja, eikä mikään osa-alue merkittävästi noussut muiden työkalujoukkojen edelle. Eri osa-alueiden työkalut ovat kehittyneet hyödyntämään parhaimpia tekniikoita omalla alueellansa empiirisesti sekä tieteellisesti, joten niihin löytyy jatkuvasti uusia ratkaisuja, jolloin tulos kartoittamistutkimuksessa ilmenee tasaisesti jakautuneena. Kartoittamistutkimuksessa hyödynnetyn kirjallisuuden otannan suuruus voi myös vaikuttaa tuloksiin.

3 PILVIPALVELUT OHJELMISTOTUOTANNOSSA

Kolmannessa luvussa tarkemmin tarkasteltavaksi aihealueeksi on valittu pilvipalvelut, sillä kirjallisuuskatsauksen teknologioiden ja työkalujen kartoittamisen jälkeen huomattiin sen esiintyvän eniten. Tarkastelun avulla avataan pilven palvelutasoja, pilvimalleja, turvallisuutta ja suuntauksia enemmän ja yritetään löytää syitä miksi pilvipalvelut ovat tehdyt kirjallisuuskatsauksen perusteella eniten kirjoitettu aihealue.

Suomessa puhekielessä tunnetut sanat pilvipalvelu tai pilvilaskenta tulee termistä *cloud computing*. Pilvipalvelun käsite viittaa hajautettuihin järjestelmiin, joka koostuu joukosta virtuaalikoneita, jotka voidaan dynaamisesti varustaa erilaisiin resurssivaatimuksiin. (Basu et al., 2018). National Institute of Standards and Technology (NIST) määrittelee pilvipalvelut julkaisussaan: “The NIST Definition of Cloud Computing”.

Cloud computing is a model for enabling convenient, on-demand network access to a shared pool of configurable computing resources (for example, networks, servers, storage, applications, and services) that can be rapidly provisioned and released with minimal management effort or service-provider interaction. This cloud model promotes availability and is composed of five essential characteristics, three service models, and four deployment models. (Mell et al., 2010).

Määritelmän vapaa suomennos on seuraavasti: Pilvipalvelu on malli, joka mahdollistaa helpon pääsyn jatkuvasti verkossa oleviin konfiguroitaviin tietojenkäsittelyresursseihin (esimerkiksi, tietoverkkoihin, servereihin, sovelluksiin ja palveluihin), jotka voidaan ottaa käyttöön hyvin pienillä hallintatoimilla tai palvelun tarjoajan kanssakäymisellä. Tämä pilvimalli edistää saatavuutta ja koostuu viidestä ominaispiirteestä, kolmesta palvelumallista ja neljästä käyttöönottomallista.

3.1 Pilven palvelumallit

Pilvipalveluiden kolme tyypillisintä palvelumallia ovat Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS), Infrastructure as a Service (IaaS), jotka ovat suomennettuna sovellukset palveluna, alusta palveluna, infrastruktuuri palveluna.

SaaS – Sovellus palveluna

Tässä mallissa pilvipalveluntarjoajat asentavat ja käyttävät sovellusohjelmistoja pilvipalveluissa, jossa käyttäjät pääsevät käsiksi palveluun selaimen tai käyttöliittymän kautta. Pilvisovellukset eroavat tavallisista sovelluksista joustavuuden takia. Tämä saavutetaan kopioimalla prosesseja usealla eri virtuaalikoneelle samanaikaisesti. (Rani, 2017). Sovelluksia voidaan käyttää useilla erilaisilla asiakkaan päätelaitteista selaimella tai käyttöliittymän kautta, esimerkiksi gmail-sähköpostia selaimen kautta. (Soni et al., 2017)

PaaS – Sovellusalusta palveluna

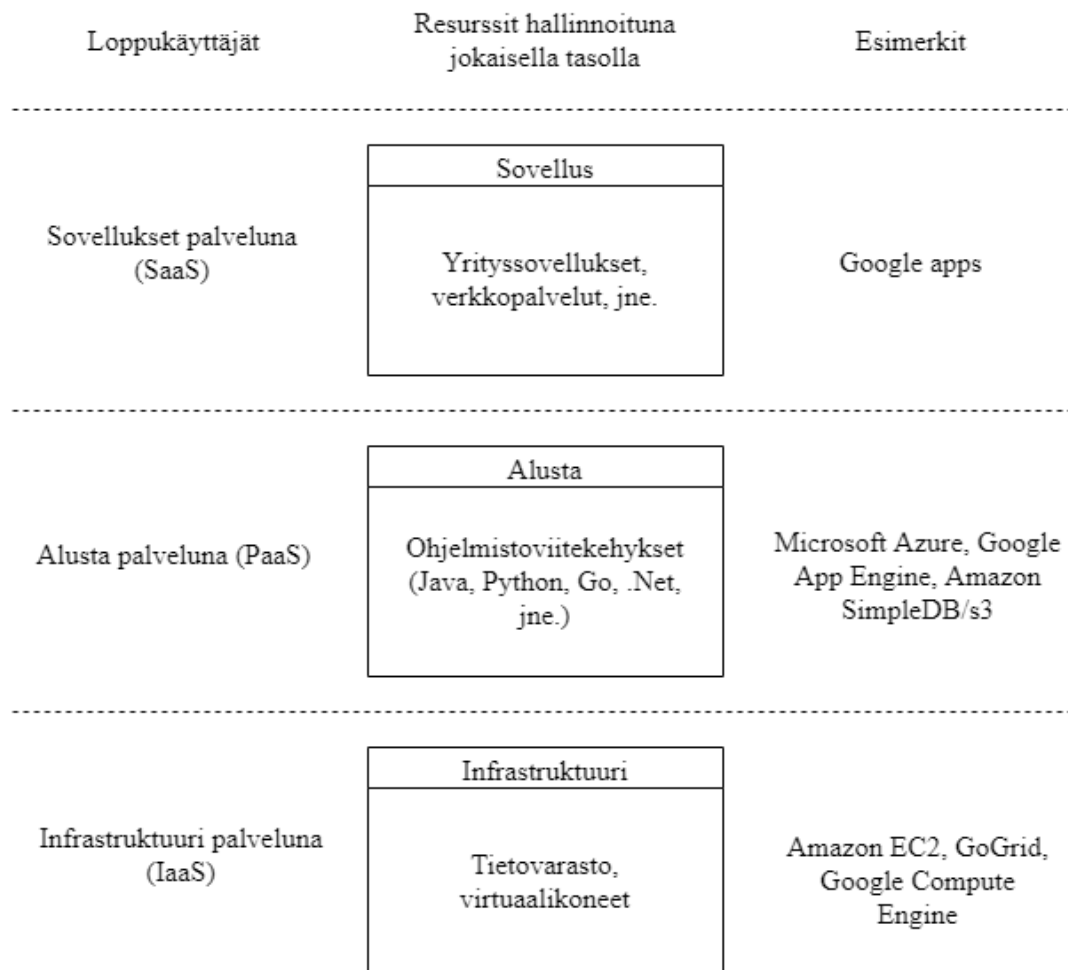
Kehitysalusta, joka pystyy käyttämään pilvisovelluksia ilman, että hallitaan taustalla olevaa pilvipalvelua (eli verkkoa, palvelimia, käyttöjärjestelmiä tai tallennustilaa). Asiakkaalla on kuitenkin mahdollisuus ohjata käyttöön otettuja sovelluksia ja mahdollisesti asetuksia. Tyypillisesti PaaS-alusta tarjoaa asiakkaalleen käyttöjärjestelmän, ohjelmointikielen suoritussympäristön (kuten Java, Python, Go), tietokannan ja web-palvelimen. (Gesvindr et al., 2016) (Rani, 2017).

IaaS – Infrastruktuuri palveluna

Palvelumalli, missä asiakkaalle tarjotaan käyttöön resursseja, jonka avulla asiakas kykenee luomaan haluamansa infrastruktuurinsa, joka voi sisältää useita sovelluksia. Yleisin muoto mitä käytetään, on virtuaaliympäristö. Asiakas ei ole hallinnassa taustalla olevasta pilvipalvelusta, mutta pystyy hallitsemaan käyttöjärjestelmiä, tietovarastoja ja käyttöön otettuja sovelluksia ja mahdollisesti myös muita verkkokomponentteja

(esimerkiksi isäntäpalomuurien rajoitettu hallinta) (Mell et al., 2010). IaaS-palvelumallien tarjoajia ovat muun muassa Google ja Microsoft. (Gesvindr et al., 2016) (Rani, 2017).

Palvelumallit ovat yleensä jaoteltu kolmeen eri luokkaan, mutta malliin voidaan määrittellä lisäksi myös Network as a Service (NaaS) eli verkosto palveluna. Verkosto palveluna on tarjonta verkkoyhteyspalveluita pilvipalvelun käyttäjälle. Se sisältää resurssien optimoimisen verkon ja tietokoneen näkökulmasta. (Rani, 2017). Palvelumallit on kokonaisuudessaan mallinnettu alla olevassa kuvassa (Kuva 4). Kuva sisältää vain kolme oleellisinta palvelua SaaS, PaaS ja IaaS. Mallinnuksen avulla voidaan havainnoida yhteydet asiakkaan, resurssien ja esimerkkiohjelmistojen kanssa.



Kuva 4. Palvelumallit, mukailtu lähteestä (Rani, 2017).

3.2 Pilvipalveluiden käyttömallit

Pilvipalveluissa on olemassa neljä erilaista käyttömallia, jotka ovat yksityinen pilvi (private cloud), julkinen pilvi (public cloud), yhteisöllinen pilvi (community cloud) ja hybridi pilvi (hybrid cloud).

Julkinen pilvi – Public cloud

Julkisen pilven avulla luodaan palveluilta, jotka ovat käytössä kaikille. Se voi olla yrityksen, yliopiston, hallituksen tai muun organisaation omistuksessa tai hallinnassa (Mell et al., 2010). Julkisen pilven palvelut voivat olla maksuttomia tai maksullisia. Suuria julkisia pilvipalvelun tarjoajia ovat muun muassa Amazon, Google ja Microsoft (Rani, 2017).

Yksityinen pilvi

Yksityinen pilvi on pilvi-infrastruktuuri, jota operoi vain yksi organisaatio (Rani, 2017). Se voi olla organisaation, kolmannen osapuolen tai niiden yhdistelmän omistuksessa, hallinnassa ja käytössä. (Mell et al., 2010).

Community cloud – yhteisöllinen pilvi

Yhteisöllinen pilvi on jakanut infrastruktuuria useiden organisaatioiden välille, joilla on yhteisiä huolenaiheita, kuten turvallisuusvaatimukset, politiikka, tehtävät, lait, määräykset ja säännöt (Rani, 2017). Se voi olla yhden tai useamman yhteisön, kolmannen osapuolen tai niiden yhdistelmän omistuksessa tai hallinnassa. (Mell et al., 2010).

Hybrid cloud – hybridi pilvi

Hybridi pilvipalveluympäristö on kahden tai useamman pilven (julkisen, yksityisen tai yhteisöllisen) yhdistelmä. (Rani, 2017). Hybridi pilven ympäristöt ovat sidottuja yhdessä standardoidun tai patentoidun teknologian avulla, joka mahdollistaa tietojen ja sovellusten

siirrettävyyden. Hybridi pilven tarve voi tulla esimerkiksi, kun yksityisen pilven palvelu on muuntautumassa julkisen pilven palveluksi kasvavan kapasiteetin takia. (Mell et al., 2010).

3.3 Edut ja haitat

Pilvipalvelut ovat suhteellisen uusi ilmiö ja sen nopea kasvu organisaatioiden ja yritysten keskuudessa luo etuja ja haittoja. Rikolliset ja vihamieliset toimijat voivat hyödyntää heikkouksia pilviympäristössä, mutta pilven tarjoamat edut teknologiaratkaisuiden joukossa on todettu toimivaksi. Käytännössä, pilvipalveluiden käyttöönottajille syntyy monesti mahdollisuus laajentaa liiketoimintaansa moniulotteisemmaksi, lisäämällä muun muassa tarjoamiensa palveluiden informaatiopainotteisuutta (Kortelainen et al., 2018). Tässä kappaleessa käsitellään pilvipalveluihin käyttöönoton hyödyistä ja haitoista.

3.3.1 Edut

Yksi tärkeimmistä hyödyistä pilven implementoinnissa organisaatioon on taloudelliset hyödyt, missä yritykset voivat vähentää niiden pääoma -sekä operatiivisia kustannuksia, laskentatehon vaatimusten kasvaessa. Kasvavat järjestelmät vaativat myös enemmän fyysisten resurssien kasvattamista. (Er. et al., 2017) Pilvipalveluiden käyttäjät maksavat vain käytetyistä tietovarastoista ja palveluista, joita organisaatio tarvitsee, toisin kuin muut ratkaisut, joissa on pakko hankkia kalliita ja tarpeettomia ratkaisuja ja sovelluksia (Yousra, 2018).

Toinen merkittävä hyöty on pilvipalveluiden skaalautuvuudessa ja joustavuudessa. Yritykset voivat nopeasti skaalautua pienestä toimijasta suureksi. Lisäksi pilvipalvelut voivat parantaa yrityksen kapasiteettia ja ylimääräisten resurssien käyttöä ruuhka-aikoina, jotta ne voivat tyydyttää kuluttajien vaatimukset. Pilvipalvelut tarjoavat asiakkailleen luotettavuutta, tietoturvan ja varmuuskopioiden muodossa, jotta yritys kykenee jatkamaan toimintaansa normaalisti katastrofi tilanteissa. (Er. et al., 2017)

Pilvipalvelutarjoajat myös suorittavat järjestelmien ylläpitämisen, vähentäen yritysten vastuuta järjestelmien huoltamisesta. Pilvipalvelut ovat monipuolisesti yhteensopivia ja

kykenevät tarjoamaan kaikille käyttäjilleen samanlaisia palveluita joustavan käyttöjärjestelmän tai ohjelmistoalustan ansiosta. Pilvipalvelut myös tukevat mobiilikäyttäjiä, mikä vastaa monen yritysten tarvetta päästä organisaation infrastruktuuriin sisälle mistä tahansa. (Er. et al., 2017) (Yousra, 2018)

3.3.2 Haitat

Pilvipalvelut ovat datan liikkumisen kannalta riippuvaisia yhteydestä pilvipalvelun tarjoajaan, joka voi ongelmatilanteissa pahimmillaan johtaa liiketoiminnan pysähtymiseen. (Er. et al., 2017) Palveluissa voi ilmetä välillä ongelmia, jolloin jatkuvan palvelun takaamiseksi paras ratkaisu olisi implementoida monta pilveä. (Yousra, 2018)

Pilveen kohdistuvien hyökkäysten, kuten palvelunestohyökkäyksien (DDOS) mahdollisuus on myös uhka, jossa hyökkäyksiä tulee useasta eri lähteestä tiettyihin verkkosivuihin toistuvilla viesteillä, yrittäen saada järjestelmän tulvimaan pyynnöistä. Esimerkiksi vuonna 2009 Zeus-bot nimisen haittaohjelman muunnos havaittiin hyväksikäyttävän Amazonin EC2-pohjaisen pilvipalvelun järjestelmää ja toimintoja. (Er. et al., 2017)

Pilvipalveluiden toteuttamisessa tulee ottaa huomioon turvallisuus yksityisyys ja rehellisyys. International Data Corporationin tutkimuksessa suoritettiin kysely, jossa 244 IT-johtajan haastattelun tuloksena 74,6% epäilee pilvipalveluiden turvallisuutta. Tämä ongelma voidaan kuitenkin minimoida tietojen salauksella, standardien noudattamisella ja palvelutason sopimuksilla. (Yousra, 2018)

Virtuaalikone on tietokone, joka käyttää omaa käyttöjärjestelmää ja sovelluksia ikään kuin se olisi fyysinen kone. Virtuaalikoneita voi pyöriä yhdellä fyysisellä tietokoneella useita pyörittäen erilaisia käyttöjärjestelmiä ja ohjelmia. Virtuaalikoneiden avulla voidaan laskea laitteistokustannuksia ja tilavaatimuksia. Virtuaalikoneiden haavoittuvuuksia voidaan hyödyntää haittaohjelmilla, jotka on suunniteltu tartuttamaan sekä asiakas- että palvelinkoneet. Haittaohjelmien tarkoitus voi olla muun muassa piilottaa tiedostoja, rekisteriavaimia tai virustentorjuntaohjelmia. (Er. et al., 2017)

3.4 Pilvipalveluiden tietoturva

SaaS tarjoaa huomattavat edut liiketoiminnassa sekä tietoteknisissä ongelmissa, mistä organisaatiot yrittävät ottaa kaiken hyödyn irti. SaaS:in omaksuminen tarjoaa kuitenkin vakavia ja monitahoisia turvallisuuteen liittyviä ongelmia. Arkaluontoisen datan siirtäminen pilvipalvelun tarjoajalle laajentaa ja vaikeuttaa riskialuetta, jossa organisaatio toimii. Pilvipalveluiden tarjoamat hyödyt on tasapainotettava riskien kanssa. Pilvipalveluiden turvallisuusongelmat kuitenkin pohjautuvat pilvipalveluiden luonteeseen. Rikollisten kohteena ei tarvitse olla useat verkot ja käyttäjät, vaan yksi lähde, joka johtaa usean eri organisaation arkaluontoisiin datoihin. Pilvipalveluiden potentiaalin takaamiseksi asiakkaiden tarvitsee käsitellä turvallisuusongelmia varoen ja huolellisesti. Tietoturvariskit ovatkin osoittautuneet suurimmaksi syyksi, miksi organisaatio ei ota pilvipalvelua käyttöönsä. (Tang et al., 2015)

SaaS pilveen kohdistuvat tietoturvaongelmat ovat datan suojeleminen, hyökkäykset rajapintoihin ja SSH-hyökkäykset (Secure Shell). Pilvipalveluissa sovellukset ovat julkaistu jaettuihin resurssiympäristöihin, joten datan turvallisuus on tärkeä ominaisuus. Datan turvallisuuteen liittyy kolme suurinta haastetta; eheys, käyttöoikeuden valtuuttaminen ja saatavuus (varmuuskopiointi ja replikointi). Datan eheys varmistaa, etteivät tiedot ole vääristyneet tai vioittuneet viestinnän aikana. Valtuutettu käyttöoikeus estää tietoihin kohdistuvat hyökkäykset, kun taas varmuuskopiot ja replikat sallivat tietojen käytön, jopa teknisissä vioissa tai joissakin katastrofeissa.

Hyökkäykset pilvirajapintoja vastaan voi johtaa suoraan pääsyyn pilviarkkitehtuuriin. Rajapintahyökkäykset kohdistuvat pilven autentikaatio mekanismiin, joissa hyökkääjät hyödyntävät haavoittavuutta Cross site scripting (XSS) aukoissa. Esimerkiksi kontrollirajapinnat ovat alttiita XSS-tekniikoille, joissa hyökkääjä voi muuttaa allekirjoitetun osan sisältöä. SSH-hyökkäykset ovat myös suuri uhka, joissa erityyppisiin hyökkäyksiin sisältyy hyökkäyksiä API-avaimiin, käyttäjän valtuustietoihin ja julkaisijoiden valtakirjoihin.

IaaS ja PaaS kerroksia vastaan kohdistuvia hyökkäyksiä kohdistuu pilven palveluihin, virtualisointiin ja hyötylaskentaa vastaan. Suurin huolenaihe pilvialustojen suunnittelussa

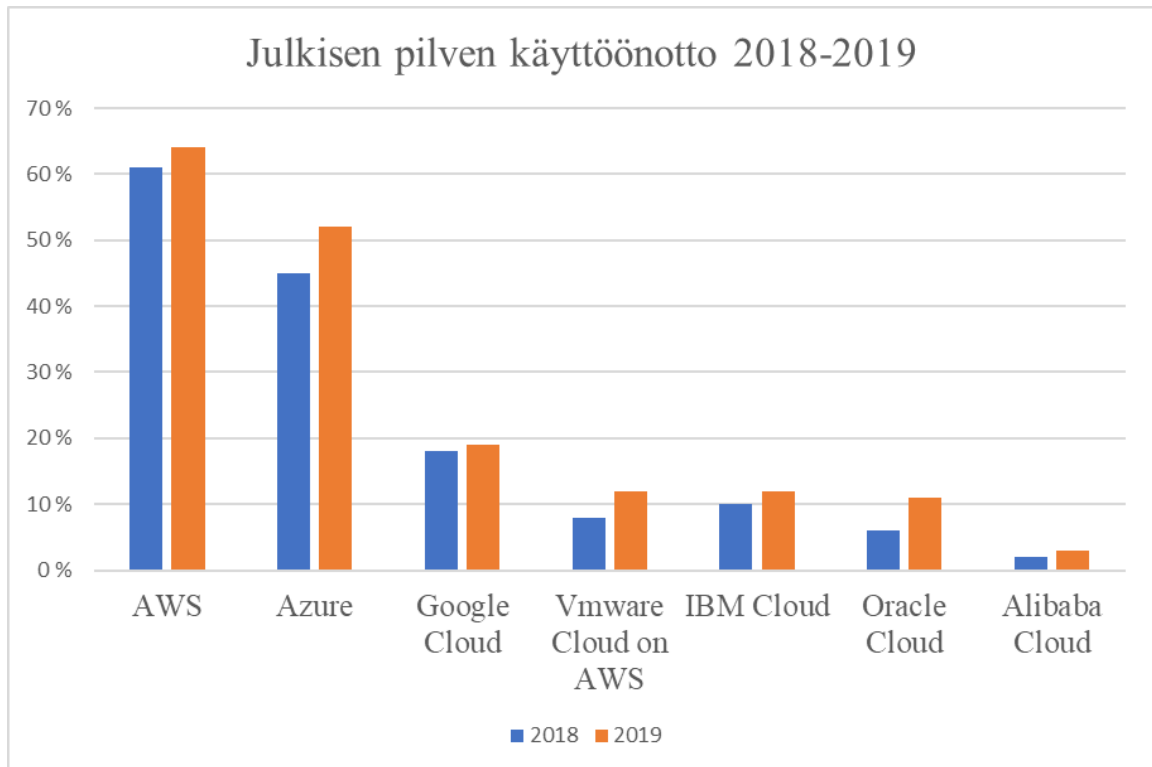
on virtuaalikoneiden yhteensopivuus. Yhteensopivuuden luominen luo monimuotoisia ongelmia ja mahdollisuuksia virtuaaliympäristöjen hyväksikäyttöön. Hyökkäykset virtuaaliympäristöjä kohtaan tulee kasvamaan tulevaisuudessa, koska virtuaalialustojen lukumäärä ja monimutkaisuus on kasvussa. (Hussain et al., 2017)

3.5 Pilvipalveluiden tarjoajat ja trendit

Pilvipalveluiden tarjonnassa on paljon erilaisia valintoja, joita organisaatio voi miettiä omien tarpeiden mukaisesti. Yritys voi valita julkisen, yksityisen, hybridin tai niiden yhdistelmän välistä. Tässä luvussa on tarkasteltu julkisen ja yksityisen pilvipalvelumallien käyttöönottoja ja trendejä RightScalen vuoden 2019 laatiman kyselyn tuloksien perusteella. Verrattuna muihin tutkimuksiin on tarkoissa luvuissa hieman eroja, mutta pääpiirteet eri lähteiden välillä noudattavat samaa linjaa. Pilvipalveluiden tilastollisia tutkimuksia ja analyyseja tekee muun muassa Gartner ja RightScale.

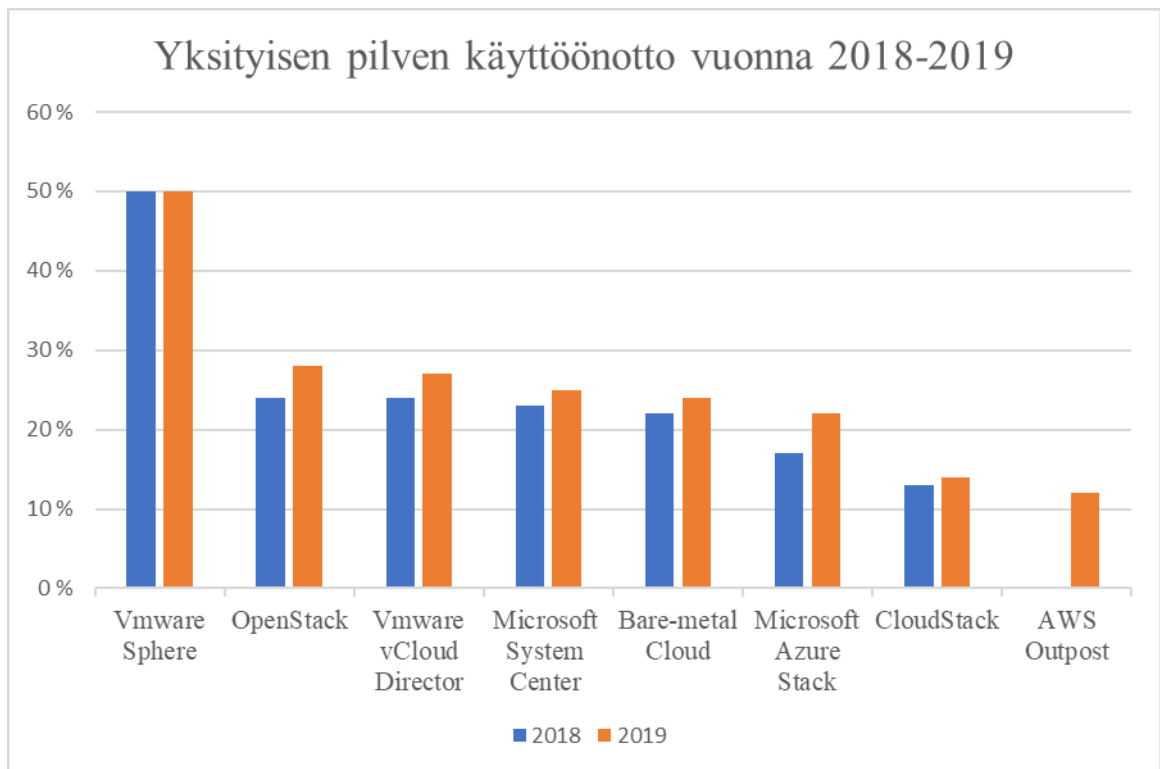
Rightscalen vuoden 2019 pilvipalveluiden tilaraportin mukaan, jossa on tammikuussa 2019 kysely 786 ammatilliselta luoden poikkileikkauksen pilvipalveluiden käyttöönotosta. Vastanneista 456 oli yli 1000 työntekijän yritys ja 330 alle 1000 tuhannen työntekijän yrityksiä. Rightscalen tutkimus ei ota huomioon yhteisöllisiä pilvipalveluita vaan analysoi julkisen, yksityisen ja hybridipilven palveluita. Raportin mukaan 84% vastanneista käytti monen pilven strategiaa, 69% hybridipilveä ja 94% käytti ylipäänsä pilvipalveluita. Organisaatiot käyttävät keskimäärin viittä julkista, yksityistä tai molempia pilvipalveluita, josta suurin osa työmäärästä sijaitsee pilvessä.

Tutkimuksessa oli kysytty, mitä pilvimallia vastaajat käyttävät, pyörittivätkö he sovelluksiaan pilvessä, harkitsivatko he käyttävänsä jotakin pilvipalvelua tai mallia tulevaisuudessa. Suurin osa vastaajista käytti useampaa kuin yhtä pilvipalvelua, joten graafien summa on enemmän kuin 100%. Vuonna 2019 AWS jatkaa julkisten pilvipalveluiden johdossa, mutta muiden pilvimallien omaksuminen on kasvussa. Erityisesti Microsoftin Azure on kasvanut merkittävästi viime vuosina. Googlen pilvipalvelut olivat kolmannella sijalla 19% käyttöönotolla (Kuva 5).



Kuva 5. Julkisen pilven käyttöönotto vuosina 2018-2019, mukailtu lähteestä (RightScale 2019 State of the Cloud Report).

Yksityisen pilvipalveluiden kasvussa ei ollut havaittavissa suurempaa kasvua. VMware vSphere palvelulla on hallussa yksityisen pilven markkinoista 50%, joka ei ole muuttunut vuoden 2018 jälkeen laisinkaan. Tämä sisältää myös vastanneet, jotka näkevät vSphere-ympäristön yksityisenä pilvenä, vaikka se ei täyttäisi hyväksytyä määritelmää pilvipalvelusta. OpenStack (28 prosenttia), VMware vCloud Director (27 prosenttia), Microsoft System Center (25 prosenttia) ja Bare-metal Cloud (24 prosenttia) kaikki kasvoivat hieman vuoden 2018 tuloksista. Azure Stack oli kuudenneksi suosituin, mutta sen kasvu oli kaikista suurin (17% vuonna 2018, 22% vuonna 2019). AWS Outpost julkaistiin myöhään vuonna 2018 ja sen käyttöönotto koki hyvän adoption (12%) (Kuva 6).



Kuva 6. Yksityisen pilven käyttöönotto vuosina 2018-2019, mukailu lähteestä (RightScale 2019 State of the Cloud Report).

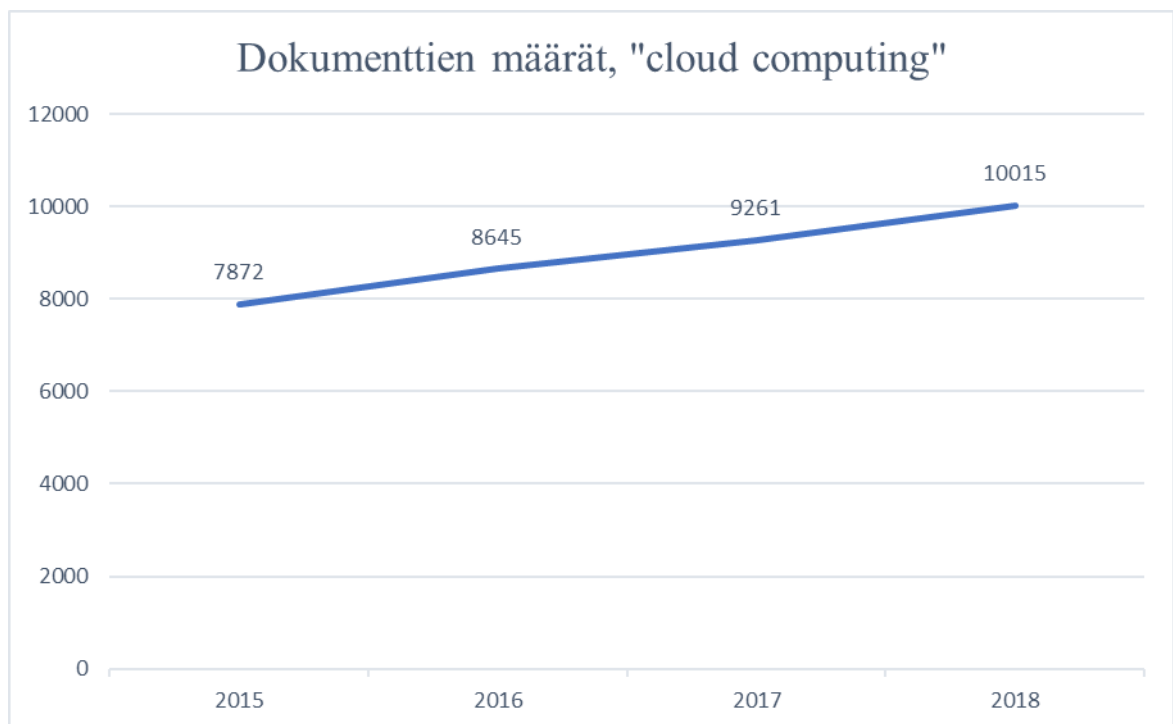
Gartnerin raportin mukaan maailmanlaajuisten pilvipalvelumarkkinoiden kasvu tulee jatkumaan kiihtyvästi. Suurimman kasvun tulee kokemaan IaaS, minkä oletetaan kasvavan 27.5 prosenttia vuonna 2019. Seuraavaksi suurin kasvu on PaaS pilvipalveluilla. Gartnerin kyselyiden mukaan joka kolmas organisaatio näkee pilvipalveluihin investoimisen yhtenä kolmesta suurimmasta prioriteetista (Gartner, 2019).

3.6 Pilvipalveluiden kasvu tieteellisessä kirjallisuudessa

Pilvipalveluiden kasvu on nähtävissä myös tieteellisessä kirjallisuudessa. Työssä analysoitiin Elsevier's Scopus hakukonetta. Elsevier's Scopus kattaa 22 000 vertaisarvioitua lehtiä noin 5 000 kustantajalta. Se sisältää yli 69 miljoonaa dokumenttia ja noin 3 miljoonaa uutta lisätään vuosittain. Viimeisen vuosikymmenen aikana on havaittu noin 5-6 prosentin kasvu tietokannan koossa (Johnson et al., 2018).

Hakuterminä "cloud computing" etsittiin, kuinka monta dokumenttia löytyy eri vuosina. Tulosten analysointiin hyödynnettiin Scopusin tarjoamaa analyysityökalua, josta näkee

dokumenttien määrät vuosittain. Tuloksista ilmeni hakutulosten kasvavan vuosittain lineaarisesti noin 8-10% (kuva 7). Vastaavasti, jos samankaltaisen haun toistaa hakutermillä "a* OR e* OR i* OR o* OR u* OR y*", missä hakutulos vastaa kaikkiin englanninkielisiin vokaaleihin, on dokumenttien kasvu ollut vuosina 2015-2019 noin 2-4%. Hakutermillä, jonka pitäisi vastata kaikkiin dokumentteihin tuli tulokseksi 74 miljoonaa osumaa, mikä vastaa Scopusin tietokannan määrää. Voidaan siis perusteellisesti todentaa pilvipalveluista kirjoitettavien dokumenttien määrän kasvun tieteellisessä kirjallisuudessa.



Kuva 7. Scopusin dokumenttien määrät, hakutermillä "cloud computing".

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa tieteellisistä lähteistä luodun kartoittamistutkimuksen perusteella listattiin ohjelmistotuotannossa esiintyviä teknologioita ja työkaluja, jotka jaoteltiin eri teemaluokkiin. Teemoja olivat tietoverkot ja hajautetut järjestelmät, teknologiaratkaisut, ohjelmistokehitystyökalut ja projektinhallintatyökalut. Teemoista eniten esiintyivät tietoverkot ja hajautetut järjestelmät. Eniten tieteellisessä kirjallisuudessa esiintyvä ilmiö oli pilvipalvelut, joka oli luokiteltu tietoverkkoihin ja hajautettuihin järjestelmiin. Kartoittamisen perusteella seuraavaksi suurimmiksi aihealueiksi tulivat tekoäly ja web-teknologiat. Tutkimuksessa huomattiin ylipäätään, että tieteellisessä kirjallisuudessa esiintyy huomattavasti enemmän ohjelmistotuotannon teknologioita, kuin työkaluja tai ohjelmistoja.

Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin systemaattisen kartoitustutkimuksen periaatteita (Systematic mapping study), mutta ei suoritettu Kitchenhamin periaatteiden mukaista kokonaisvaltaista kartoitustutkimusta aikarajoitteiden ja työn luonteen takia. Tutkimuksen yleistettävyyttä ei ole niin vahva kuin laajassa systemaattisessa kartoitustutkimuksessa ja tutkimuksessa käsiteltyjen tietokantojen, sekä lähteiden määrä olisi voinut olla suurempi paremman läpileikkauksen luomiseksi. Tulosten osalta voidaan kuitenkin nähdä jo selkeitä trendejä kirjallisuudessa suurimpien kategorioiden osalta, mutta vähemmän esiintyvien aihealueiden osalta tulokset voivat poiketa todellisuudesta.

Työn tavoitteen oli vastata kysymyksiin ”Mikä ohjelmistokehitystä tukeva teknologiaratkaisu esiintyy tieteellisessä kirjallisuudessa eniten?” ja ”Mistä pilvipalveluihin liittyvistä ilmentymistä tieteellinen kirjallisuus on eniten kiinnostunut ohjelmistotuotannossa?”. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastauksia lähdettiin etsimään kartoittamistutkimuksella, jossa suoritettiin tieteellisten lähteiden kartoitus vuosilta 2015-2019. Vanhempaa kirjallisuutta ei tarkasteltu teknologian kehittymisen nopeuteen pohjautuvan oletuksen vuoksi. Tutkimuskysymyksen tavoitteena oli muodostua kartoittamistutkimuksen tuloksen perusteella, jonka jälkeen eniten kirjallisuudessa esiintyvää aihetta lähdettiin analysoimaan tarkemmin.

Eniten esiintyvä ilmiö tieteellisessä kirjallisuudessa on pilvipalvelut. Tutkimuksessa analysointiin kahdesta eri hakukoneesta ja kahdesta eri tietokannasta, eri hakutermeillä 253 tutkimusta. Näistä tutkimuksista 84:ssä tutkimuksessa esiintyi ohjelmistotuotannossa käytettäviä teknologioita, työkaluja tai molempia. Niistä 27% tutkimuksessa esiintyi pilvipalvelut. Pilvipalvelut ovat suhteellisen uusi ilmiö ja niiden suosio näkyy sekä organisaatioiden käytössä, sekä kirjallisuudessa kasvavana trendinä. Pilvipalvelut ovat ohjelmistotuotannossa arkipäivää. Jo 94% yrityksistä on omaksunut pilvipalvelut käyttöönsä. Pilvipalvelumalleja on kolme, sovellus palveluna (SaaS), alusta palveluna (PaaS) ja infrastruktuuri palveluna (IaaS). Pilvipalveluiden käyttömalleja puolestaan ovat yksityinen, julkinen, yhteisöllinen ja hybridi pilvi. Pilven käyttömalleilla voidaan rajata pilvipalvelun käyttäjiä. Julkisen pilven suurimpina tarjoajina on Amazon Web Services, ja yksityisen pilven on VMware Spehre.

Pilvipalveluiden suosio perustuu sen kustannustehokkaaseen tapaan, jolla organisaatio voi säilöä dataa, sovelluksia ja tietoja ulkoisen pilvipalvelutarjoajan alustalle. Käyttäjät maksavat vain käytetyistä tietovarastoista ja palveluista. Pilvipalvelut ovat skaalautuvia ja joustavia, joten yritykset voivat nopeasti kasvattaa tietoteknisiä resurssejaan ja kapasiteettia. Pilvipalvelut ovat myös monipuolisesti yhteensopivia ja kykenevät palvelemaan monia käyttäjiä riippumatta käyttöjärjestelmästä tai ohjelmistoalustasta. Pilvipalvelut ovat riippuvaisia yhteydestä verkkoon, mikä saattaa ongelmatilanteissa jopa keskeyttää organisaation toiminnan. Nopean kehityksen vuoksi tietoturvaongelmat ja erilaiset pilveen kohdistuvat hyökkäykset ovat yleisiä ja luovat uhkia. Pilven potentiaaliset turvallisuusriskit ovatkin suurin syy, miksi organisaatio ei ole omaksunut pilvipalvelun käyttöä toimintaansa.

5 POHDINTA JA TULEVAISUUDENNÄKYMÄT

Tutkimuksen rajoitteeksi oli aseteltu teknologiat sekä työkalut ohjelmistotuotannossa, joka on suuri aihealue, joten työssä oli pakko rajata hakuja. Tässä tutkimuksessa työkalut pohjautuivat Swebok:n määrittelemiin työkaluluokkiin, sillä ne muodostivat laajimman skaalan ja antoivat hyvän pohjan eri työkaluluokista. Teknologiat olivat muodostuneet hakuprosessin tuloksena. Tutkimus kattaa erittäin laajan alueen ohjelmistotuotannon osaluokista, mutta laajuuden vuoksi paljon tuloksia jää analysoimatta ja eri teknologioita ja työkaluja ei päästä tarkastelemaan tarkemmin. Termin teknologia voi ilmentää monella eri tavalla, kun puolestaan työkalu on selkeämmin määritelty ja rajaa tutkimuksen paremmin. Eri teknologian, kuten tekoälyyn liittyvän ratkaisun kategorisoiminen on erittäin hankalaa, koska se voi liittyä moneen asiayhteyteen, eikä tieteellisestä kirjallisuudesta löydy periaatteellisia luokittelujärjestelmiä.

Tutkimus antoi selkeitä viitteitä pilvipalveluiden kasvavasta trendistä teknologiaratkaisuna ohjelmistotuotannossa. Tutkimusta voisi hyödyntää perusteena suorittaa, esimerkiksi kokonaisvaltainen systemaattinen kartoitustutkimus ohjelmistotuotannon uusimmista teknologioista ja työkalusta, missä hyödynnettäisiin useampaa hakukonetta, kuten Google Scholaria ja Web of Science-tietokantaa. Aiheesta voisi myös tehdä vaihtoehtoisia trendianalyysyjä, jolla voitaisiin saada erilaisia tuloksia. Toinen mielenkiintoinen analyysin kohteena voisi olla ohjelmistotuotannon menetelmät, johon tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa.

STM on maailman johtava akateemisten ja ammatillisten julkaisijoiden ammattiliitto, joka julkaisee vuosittain katsauksen tieteellisistä julkaisuista. STM vuoden 2018 raportti käsittelee yhdessä aliluvussa teknologia trendejä, jossa heidän raporttinsa mukaan trendikkäimmät ilmiöt ovat data-analytiikka ja tekoäly, semanttinen web ja rikastuttaminen, ja lohkoketju-teknologia. Tekoälyyn liittyvät ratkaisut ovat koneoppimisen muodossa nousseet tärkeäksi ilmiöksi. Tähän kehitykseen on auttanut se, että nykyään on saatavilla suuria tietokantoja, joista voidaan analysoida dataa. Tietokoneissa on nykyään huomattavasti enemmän tehoa ja niiden hinta on laskenut. Myös

ohjelmistot niiden ympärillä ja koneoppimisessa käytettävät algoritmit ovat kehittyneet (Johnson et al., 2018).

Semanttisella webillä ja semanttisella rikastuttamisella tarkoitetaan tässä asiayhteydessä, dokumentteihin lisättävää jäsenneltyjä metatietoja, jotta tietokoneet voivat lukea sisältöä kuin ihminen. Semanttiset teknologiat ovat vahvasti yhteydessä tekoälyyn liittyvään kehitykseen. Kolmantena STM-raportin teknologia trendinä oli lohkoketju eli Blockchain, joka raportin mukaan on ollut suosiossa virtuaalivaluutta bitcoinin vuoksi. Lohkoketjun suosion syynä pidetään sen potentiaalia ratkaista tietoturvaongelmia, luottamusongelmia ja ongelmia henkilöllisyyden todistamisessa (Johnson et al., 2018).

Tämän tutkimuksen kartoittamisen tuloksena huomattiin tekoälyyn liittyvien ratkaisujen yleisyys koneoppimisen näkökulmasta, jota tukee STM raportin antamia tuloksia teknologia trendeistä. Semanttisen web ja semanttinen rikastuttaminen ei kartoittamistutkimuksessa esiintynyt kyseisillä termeillä, koska sen yhteys ohjelmistotuotantoon ei ole suora, mutta sen esiintyminen tulee epäsuorasti esiin esimerkiksi tietokantoihin tallennettavan datan muodossa tai järjestelmien yhteensopivuudessa. Lohkoketjun yleisyys ohjelmistotuotannon trendeissä ei kartoittamistutkimuksen perusteella ollut niin yleistä. Lohkoketjun kuitenkin oletetaan kasvavan seuraavina vuosina merkittävästi. Esimerkiksi TechRepublicin artikkeli ennustaa, että 56% yrityksistä tulee käyttämään lohkoketjuja vuoteen 2020 mennessä (TechRepublic, 2018).

6 YHTEENVETO

Ohjelmistotuotannossa käytetyt teknologiat, työkalut sekä ohjelmistot kehittyvät nopeaan tahtiin ja niillä tärkeä rooli ohjelmistokehityksessä osana organisaation toimintaa. Ohjelmistokehitys turvautuu enemmän uudelleen käytettäviin komponentteihin kirjastojen, ohjelmistokielten ja työkalujen osalta. Ohjelmistotyökalujen ja teknologioiden määrittely ohjelmistotuotannon tekijöinä on hankalaa juuri nopeiden muutosten vuoksi ja ne muodostavat jatkuvasti kasvavan luettelon rakennuspalikoista systeemeille. Ohjelmistotuotannon periaatteellisen kirjan Swebok:n, vuoden 2014 painoksen määritelmät vanhentuvat nopeasti, eikä tieteellinen kirjallisuus pysy kehityksessä mukana. On vaikeaa määrittellä, mikä on trendi nyt, kun kirjallisuus, keskustelufoorumit, epäviralliset termistöt ja media luo erilaisen kuvan ja suhteen eri teknologioiden ja työkalujen suosioon.

Ohjelmistotuotannon teknologioiden osalta pilvipalvelut esiintyvät tieteellisessä kirjallisuudessa eniten. Pilvipalveluiden suosia kasvaa sekä organisaatioissa, että tiedekirjallisuudessa. Yrityksistä 94% on ottanut pilvipalvelut käyttöön ja eri pilvipalveluiden tarjoajat kilpailevat omilla palveluillaan asiakkaista. Pilvipalvelut tarjoavat helppoja ja taloudellisesti järkeviä vaihtoehtoja asiakkaille, mutta niiden luomat tietoturvariskit luovat uusia ongelmia jatkuvasti kehittyvälle alalle.

Datan määrän kasvun vuoksi, on tekoälyyn liittyvät ratkaisut tulleet ajankohtaisiksi. Tutkimuksessa tekoäly oli toiseksi eniten esiintyvä suuntaus. Tekoälyn vaikutus ohjelmistotuotannossa on kasvussa ja sen vaikutukset näkyvät monella eri ohjelmistotuotannon osa-alueella. Tehokkaiden ohjelmistojen, suurten datasettien ja kehittyneiden algoritmien ansiosta kyetään analysoimaan dataa ja koneoppimisen muodossa luomaan entistä toimivimpia ratkaisuja.

LÄHTEET

1. Basu, S., Bardhan, A., Gupta, K., Saha, P., Pal, M., Bose, M., Basu, K., Chaudhury, S., Sarkar, P., 2018. Cloud computing security challenges amp; solutions-A survey, in: 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC). Presented at the 2018 IEEE 8th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), pp. 347–356. [viitattu 18.6.2019]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/CCWC.2018.8301700>
2. Bosch, J., 2016. Speed, Data, and Ecosystems: The Future of Software Engineering. *IEEE Software* 33, 82–88. [viitattu 18.6.2019]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/MS.2016.14>
3. Bourque, P., Fairley, R.E., IEEE Computer Society, 2014. SWEBOK: guide to the software engineering body of knowledge.
4. Er, G.S., Pal, P., 2017. Cloud Computing Risks and Benefits. *International Journal of Advanced Research in Computer Science; Udaipur* 8. [viitattu 30.6.2019].
5. Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17.5 Percent in 2019 [WWW-dokumentti], Gartner. [viitattu 11.7.2019]. Saatavissa: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-04-02-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-g>.
6. Gesvindr, D., Buhnova, B., 2016. Performance Challenges, Current Bad Practices, and Hints in PaaS Cloud Application Design. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review* 43, 3–12. [viitattu 2.7.2019]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/2897356.2897358>
7. Haikala, I. & Mikkonen, T. 2011. Ohjelmistotuotannon käytännöt. 12., uudistettu painos. Helsinki: Talentum.

8. Hussain, Syed Asad, Mehwish Fatima, Atif Saeed, Imran Raza, and Raja Khurram Shahzad. "Multilevel Classification of Security Concerns in Cloud Computing." *Applied Computing and Informatics* 13, no. 1 (January 2017): 57–65. [viitattu 25.7.2019]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.aci.2016.03.001>.
9. Hype no more: 56% of enterprises plan to use blockchain by 2020 [WWW-dokumentti]. TechRepublic. [viitattu 19.7.19]. Saatavissa: <https://www.techrepublic.com/article/hype-no-more-56-of-enterprises-plan-to-use-blockchain-by-2020/>.
10. Jahkola, O., Happonen, A., Knutas, A., Ikonen, J., 2017, 18th International Conference on Computer Systems and Technologies Proceedings, University of Ruse, Ruse, Bulgaria, pp. 171-178. [viitattu 29.7.19]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1145/3134302.3134346>
11. Johnson, R., Watkinson, A., & Mabe, M. (2018). The STM report, an overview of scientific and scholarly publishing. (5th ed.). STM Association. [viitattu 15.7.19].
12. Kitchenham, B., Charters, S., 2007. Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. [viitattu 2.7.19].
13. Kortelainen, H. and Happonen, A. (2017). Digitalisaatio muokkaa tiedon hallintaan pohjautuvien palveluiden markkinoita. [Www-dokumentti] VTT Blog. Saatavissa: <https://vttblog.com/2017/12/12/digitalisaatio-muokkaa-tiedon-hallintaan-pohjautuvien-palveluiden-markkinoita/> [viitattu 29 Jul. 2019].
14. Kortelainen, H. Happonen, A. Hanski, J., 2018, From asset provider to knowledge company - transformation in the digital era, In Lecture Notes in Mechanical Engineering, ISSN: 2195-4356, ISBN 978-3-319-95710-4, p. 333–341, Saatavissa: DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95711-1_33 [viitattu 29 Jul. 2019].
15. Mell, P., Grance, T., n.d. The NIST Definition of Cloud Computing 7. [viitattu 30.6.19].

16. Nassif, M., Treude, C., Robillard, M., 2018. Automatically Categorizing Software Technologies. *IEEE Transactions on Software Engineering* 1–1. [WWW-dokumentti]. [viitattu 30.6.19]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1109/TSE.2018.2836450>
17. Portillo-Rodríguez, J., Vizcaíno, A., Piattini, M., Beecham, S., 2012. Tools used in Global Software Engineering: A systematic mapping review. *Information and Software Technology* 54, 663–685. [WWW-dokumentti]. [viitattu 25.6.19]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.02.006>
18. Rani, S., 2017. Cloud Computing: A Perspective Approach. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*; Udaipur 8. [viitattu 4.7.19].
19. “RightScale 2019 State of the Cloud Report from Flexera,” 2019, 50. [WWW-dokumentti]. [viitattu 12.7.19].
20. Sharma, V.S., Mehra, R., Kaulgud, V., Podder, S., 2018. An Immersive Future for Software Engineering — Avenues and Approaches, in: *2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Technologies Results (ICSE-NIER)*. Presented at the 2018 IEEE/ACM 40th International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Technologies Results (ICSE-NIER), pp. 105–108. [WWW-dokumentti]. [viitattu 13.7.19].
21. Soni, A., Hasan, M., 2017. Pricing schemes in cloud computing:a review. *International Journal of Advanced Computer Research*; Bhopal 7, 60–70. [WWW-dokumentti]. Saatavissa: <http://dx.doi.org.ezproxy.cc.lut.fi/10.19101/IJACR.2017.729001>

22. Tang, C., Liu, J., 2015. Selecting a trusted cloud service provider for your SaaS program. *Computers & Security* 50, 60–73. [WWW-dokumentti]. [viitattu 12.7.19].
Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.cose.2015.02.001>