

Eetu Korhonen

**SERVERLESS-TEKNOLOGIAN VAIKUTUKSET ASIA-
KASYRITYKSELLE**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2022

TIIVISTELMÄ

Korhonen, Eetu

Tutkimusraportin otsikko: Serverless-teknologian vaikutukset yrityksille

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2022.

Pääaine, tutkimusraportin tyyppi: Tietojärjestelmätiede, Kandidaatin tutkielma (s. 29)

Ohjaaja: Clements, Kati

Pilvipalvelut ovat muokanneet ja tehostaneet yritysten toimintaa jo vuosia, ja uusia pilvipalvelumalleja kehitetään ja luodaan jatkuvasti. Yksi tuoreimmista pilvipalvelumallieista on FaaS, josta käytetään myös nimitystä palvelimeton tietojenkäsittely eli serverless. Tämän tutkielman tarkoituksena on esitellä serverless-teknologiaa, sen ominaisuuksia sekä hyötyjä ja ongelmia. Pyrkimyksenä on vastata kysymykseen: Minkälaisia vaikutuksia serverless-teknologialla on asiakasyritykselle? Tutkielma käsittelee kyseisen teknologioiden positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia asiakasyritysten näkökulmasta. Tutkielmassa tuodaan myös esiin millä tavoin ja missä käyttötapauksissa serverless-teknologian edut nousevat suureen rooliin ja miten sitä voidaan parhaiten hyödyntää. Esiin nostetaan myös serverless-teknologian rooli asiakasyritysten pilvipalvelukustannuksiin. Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, ja sen tarkoituksena on helpottaa vertailua eri pilvipalvelu palvelumallien välillä, organisaatioiden pohtiessa niiden käyttöönottoa. Tarkastellun kirjallisuuden perusteella teknologian hyödyntäminen rajautuu yksinkertaisiin, toistuviin ja kevyisiin toimintoihin, mutta, teknologia ollessa laajasti skaalautuva on se soveltuva monille yrityksille niiden koosta riippumatta. Teknologialla kyetään tuomaan kustannussäästöjä ja teknologian joustavuus mahdollistaa sovelluskehittäjien pienemmän työmäärän ja sen, että voidaan entistä enemmän keskittyä niihin asioihin mikä näkyy asiakkaalle. Serverless-teknologiaan kohdistuu myös kritiikkiä ja suurimmat negatiiviset vaikutukset liittyvätkin sen turvallisuuden epäselvyyteen ja riippuvuussuhteen muodostumiseen palveluntarjoajasta. Yhtenä ongelmana nousi myös serverless-teknologian viive, joka konttiteknologioita käyttäessä muodostuu. Tulevaisuudessa tutkimusta aiheen ympärillä olisi hyvä kohdistaa sen turvallisuuden arvioimiseen sekä siihen voitaisiinko kyseistä teknologiaa käyttää energiatehokkaammin verrattuna muihin pilvipalvelumalleihin.

Asiasanat: serverless, pilvipalvelu, palvelimeton tietojenkäsittely, FaaS, virtuaalikone, asiakasyritys

ABSTRACT

Korhonen, Eetu

Name of the publication: The effects of serverless technology on companies

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2022.

Major subject, type of the publication: Information Systems, Bachelor Thesis

Supervisor: Clements, Kati

Cloud computing has transformed and streamlined businesses for years, and new cloud service models are constantly being developed and created. One of the latest cloud computing models is FaaS, also known as serverless computing. The purpose of this thesis is to present the serverless technology, its features, benefits and problems. The aim is to answer the question: what are the implications of serverless technology for customer enterprises? The thesis will discuss the positive and negative impacts of this technology from the perspective of the client company. It also highlights the ways in which the benefits of serverless technology play a major role and the use cases in which it can best be exploited. It also highlights the role of serverless technology in the cloud computing costs of client companies. The thesis has been conducted as a literature review and aims to facilitate comparison between different cloud service models as organizations consider their adoption. Based on the literature reviewed, the use of the technology is limited to simple, repetitive and lightweight operations, but being widely scalable, the technology is suitable for many businesses regardless of size. Technology can bring cost savings and its flexibility allows application developers to reduce their workload and focus more on what is visible to the customer. Serverless technology has also been criticized and the main negative impacts are related to the lack of security and dependency on the service provider. The latency of serverless technology when using container technologies was also identified as a problem. Future research on this topic should focus on assessing its security and whether it could be used more energy-efficiently compared to other cloud computing models.

Keywords: serverless, cloud services, serverless computing, FaaS, virtual machine, customer enterprise

KUVIOT

Kuvio 1 Serverless-teknologian arkkitehtuuri	7
Kuvio 2 Serverless vs. Serverful	18

TAULUKOT

Taulukko 1 Pilvipalveluiden vertailu	10
Taulukko 2 Serverless-teknologian vaikutukset asiakasyrityksille	14

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

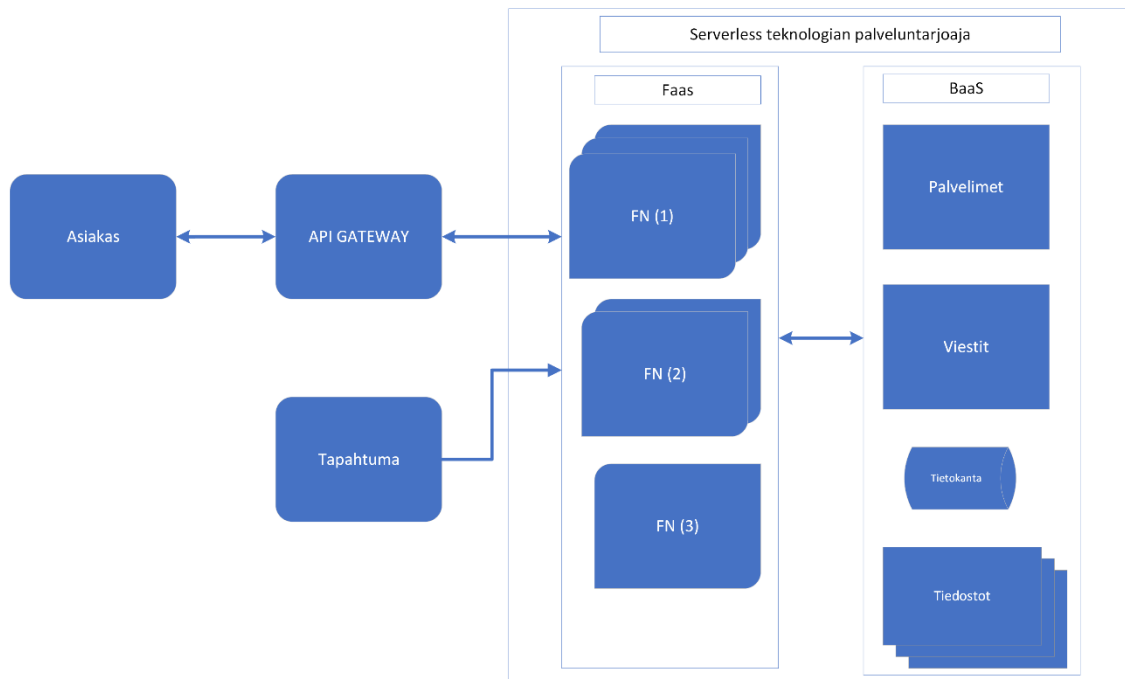
KUVIOT JA TAULUKOT

1	JOHDANTO.....	6
2	SERVERLESS-TEKNOLOGIA.....	9
3	YRITYS.....	12
4	SERVERLESS-TEKNOLOGIAN VAIKUTUKSET ASIAKASYRITYKSISSÄ	14
4.1	Positiiviset vaikutukset asiakasyrityksille	15
4.1.1	Toimintojen vapautuminen	16
4.1.2	Kustannussäästöt ja skaalautuvuus.....	16
4.2	Teknologian negatiiviset vaikutukset.....	18
4.2.1	Käytettävyyden sekä turvallisuuden ongelmat.....	18
4.2.2	Riippuvuus suhteen muodostuminen sekä energiankäytön ongelmat	20
4.3	Serverless-teknologian hyödyntämismahdollisuudet ja tulevaisuuden näkymät	21
5	YHTEENVETO	24
	LÄHTEET	27

1 JOHDANTO

Viime vuosina termi "palvelimeton tietojenkäsittely" on yleistynyt vauhdilla kuvaamaan pilvipohjaisen mallin huippua (Leitner, Wittern, Spillner & Hummer 2019). Palvelimettoman ohjelmoinnin eli serverless-teknologian tarkoituksena on antaa yritysten ja sovelluskehittäjien keskittyä suoritettavaan ohjelmaan, eikä heidän tarvitse huolehtia lainkaan sen käyttämästä koneesta tai sen vaatimista resursseista. Tämänkaltainen korkeampi abstraktiotaso on suunniteltu helpottamaan kehittäjien elämää ja samalla hyödyntämään tehokkaammin pilvipalveluntarjoajien infrastruktuuria. (Savage, 2018) "Palvelimeton" pilvisovellus otetaan tällöin käyttöön infrastruktuurikomponentteihin, jotka ovat täysin läpinäkyviä sovelluksen kehittäjälle. (Leitner ym., 2019). Käyttöönotto tapahtuu täysin ulkoistetusti palveluntarjoajan konesaleissa ja infrastruktuurissa, ilman että asiakkaan tarvitsee huolehtia koneesta mikä ohjelmaa pyörittää. (van Eyk, E., Toader, L., Talluri, S., Versluis, L., Uță, A., & Iosup, A. 2018) Oheisessa kuviossa (Kuvio 1) on havainnollistettu serverless-teknologian käyttöönotto. Serverless-teknologia koostuu siis BaaS:sta (Backend-as-a-Service) sekä FaaS:sta (Function-as-a-service). Näistä BaaS nimenomaisesti toimii taustalla ja FaaS puolestaan luo alustan asiakkaille ottaa käyttöön palvelun ja suorittaa toimintansa (koodin suorittaminen) tällä alustalla. FaaS:n toiminta perustuu BaaS:n tarjoamiin palveluihin, kuten tietokantaan, viestinvälitykseen ja käyttäjien tunnistamiseen. FaaS:a pidetäänkin tällä hetkellä suosituimpana serverless-mallina, ja se tunnetaan nimellä "tapahtumapohjaiset toiminnot". (Hassan, H. B., Barakat, S. A., & Sarhan, Q. I., 2021)

Kuvio 1 Serverless-teknologian arkkitehtuuri



(Hassan, H ym., 2021)

Serverless-teknologia tarjoaa alustan tehokkaalle tavalle kehittää ja ottaa käyttöön sovelluksia markkinoille ilman taustalla olevan infrastruktuurin hallintaa. Erilaiset palvelimettomat laskenta-alustat, kuten AWS Lambda, Microsoft Azure Functions ja Google Functions ovat tällä hetkellä tärkeimpiä pilvipalveluntarjoajia. AWS markkinaosuus käyttöönotoissa on 80%, Azuren 10% ja Google Cloud 3% (Eismann, Scheuner, van Eyk, Schwinger, Grohmann, Herbst, Abad & Iosup, 2021). Tällaiset alustat helpottavat ja antavat kehittäjille mahdollisuuden keskittyä enemmän liiketoimintalogiikkaan eikä vaadi infrastruktuurin skaalausta tai provisiointia. Ohjelma toimii ulkoisilla palvelimilla pilvipalveluntarjoajien tuen avulla. Palvelittoman laskennan näkyvin toteutus on Function-as-a-Service (FaaS). FaaS:ia käytettäessä kehittäjien tarvitsee vain ottaa käyttöön lyhytkestoisten funktioiden lähdekoodi ja määrittää liipaisimet niiden toteuttamisesta. FaaS-palveluntarjoajat pyynnöstä suorittavat ja laskuttavat toimintoja yksittäisinä instansseina ja asteikkoina niiden tapahtuessa. Tämän tyylistä laskutus tyylistä käytetään termiä "pay-as-you-go". (Nupponen & Taibi, 2020)

Palvelimettomat alustat ovat nykyään hyödyllisiä ja tärkeitä varsinkin tapahtumissa joissa yksittäiset pyynnöt voivat valmistua suhteellisen lyhyessä ajassa (Adzic & Chatley, 2017). Serverless-teknologian suosion kasvua on ollut myös nähtävissä jo useamman vuoden ajan ja se on myös tällä hetkellä kasvava trendi (Google Trends, 25.3.2022.). Palvelimettoman tietojenkäsittelyyn kohdistuva innostus on perusteltua, sillä se tarjoaa välähdyksen siitä miltei yleiskäyttöinen palvelimeton laskenta ja sovelluskehitys voisi näyttää (Schleier-Smith, Sreekanti, Khandelwal, Carreira, Yadwadkar, Popa, Gonzalez, Stoica & Patterson, 2021), ja tästä syystä kyseisen aiheen tutkimiselle on tarvetta, jotta

saataisiin luotua selkeämpi käsitys sen hyödyistä ja haitoista organisaatioille. Valitettavasti tutkimusyhteisössä ei ole ollut kuitenkaan vastaavaa kiinnostusta serverless-teknologiaan osalta (Baldini, Castro, Chang, Cheng, Fink, Ishakian, Mitchel, Muthusamy, Rabbah, Slominski & Suter 2017).

Tämän tutkielman toteuttamistapana on käytetty kirjallisuuskat-
sausta ja lähteinä suurimmaksi osaksi on käytetty englanninkielisiä tieteellisiä
artikkeleita ja raportteja. Jossain määrin on hyödynnetty myös eri pilvipalvelu-
tarjoajilta saatua dataa ja informaatiota teknologian käyttötarkoituksista ja käyt-
tötapausten. Tutkielman tarkoituksena on pyrkiä vastamaan seuraavaan tut-
kimuskysymykseen.

- Minkälaisia vaikutuksia serverless-teknologialla on asiakasyri-
tyksille?

Tutkielman toisessa kappaleessa määritellään serverless-teknologiaan ja ava-
taan sen ominaisuuksia ja suurimpia eroja muihin pilvipalveluteknologioihin.

Kolmannessa kappaleessa määritellään yritys ja tuodaan esiin
kuinka suuri määrä yrityksiä hyödyntää pilvipalveluita. Tämän avulla luodaan
pohjaa sille, minkälaisia vaikutuksia palvelimettomalla tietojenkäsittelyllä on
yrityksille. Tässä kappaleessa myös avataan sitä, miksi tulokset osiossa käy-
tämme käsitettä asiakasyritys sanan yritys sijaan.

Kirjallisuuskatsauksen neljännessä kappaleessa esitellään server-
less-teknologian positiiviset vaikutukset yrityksentoimintaan sekä avataan sen
negatiivisia vaikutuksia. Edellä mainitun lisäksi tutkielma käsittelee serverless-
teknologian konkreettisia hyödyntämismahdollisuuksia nyt ja tulevaisuudessa
sekä teknologian vaikutuksia pilvipalvelukustannuksiin.

2 SERVERLESS-TEKNOLOGIA

Castro, Ishakian, Muthusamy sekä Slominski (2019) kuvaavat serverless-teknologian eli palvelimettoman tietojenkäsittelyn nimenä kuvaavan hyvin sen tarkoitusta, jonka ajatuksena on vähemmän palvelimien ajattelua (tai niistä välittämistä). Hänen mukaansa kehittäjien ei tarvitse huolehtia palvelimien hallinnan ja skaalauksen matalan tason yksityiskohdista, ja käyttäjät maksavat vain pyyntöjen tai tapahtumien käsittelystä. (Castro, Ishakian, Muthusamy & Slominski 2019). Serverless-teknologian voi määritellä seuraavasti: palvelimeton tietojenkäsittely on alusta, joka piilottaa palvelimen käytön kehittäjiltä ja suorittaa koodin pyynnöstä automaattisesti skaalattuna ja toiminnasta laskutetaan vain, kun koodia ajetaan. (Fox, Rabbah, McGrath, Oakes, Chard & Kanso 2017). Serverless-teknologian takana on yleisemmin käytetty ja kuvaavampi nimi FaaS. FaaS:n idea on yksinkertainen ja suoraan ohjelmoinnin oppikirjasta kotoisin oleva. Perinteinen ohjelmointi perustuu funktioiden kirjoittamiseen, jotka ovat yhdistelmiä syötteistä tulosteisiin (Hellerstein, Faleiro, Gonzales, Schleier-Smith, Sreekanti, Tumanov & Wu 2018). Verraten enemmän tunnetuihin teknologioihin kuten SaaS (Software-as-a-Service) tai PaaS (Platform-as-a-Service), jotka ovat aina käynnissä, mutta skaalautuvat tarpeen vaatiessa, serverless-teknologia toimii aina vain tarpeen mukaan, ja näin ollen myös skaalautuu tarpeen vaatiessa (Fox ym., 2017). Taulukossa 1 vertaillaan tarkemmin FaaS teknologian eroja muihin teknologioihin.

Nimestä huolimatta, "palvelimeton" ei tarkoita sitä, että tietojenkäsittelyä toteutettaisiin ilman palvelimia. Tässä yhteydessä se tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että palvelinta ei vuokrata perinteisenä pilvipalvelimena. (Spillner, 2017). Tässä uudessa lähestymistavassa sovelluksen toiminnot (moduulit) suoritetaan tarvittaessa ilman, että sovelluksen on oltava käynnissä koko ajan (McGrath & Brenner, 2017). Joskus tähän viitataan myös nimellä Function -as - a -Service tai tapahtumapohjainen ohjelmointi (Varghese & Buyya, 2017).

Serverless-teknologian avulla pystytään ajamaan koodia, hallitsemaan dataa sekä integroimaan sovelluksia servereiden hallintaa. Kyseisen teknologian avulla kyetään eliminoimaan infrastruktuurin hallintaan liittyviä tehtäviä kuten kapasiteetin provosointia ja paikkausta. Tämän avulla kehittäjät

pystyvät keskittymään koodin kirjoittamiseen ja asiakasprojekteihin. (Serverless Computing – Amazon Web Services, 31.3.2022) Serverless-teknologiaa ei ole sidottu vain tiettyyn ohjelmistokoodin kieleen, esimerkiksi Microsoft Azure Functions tarjoaa mahdollisuuden valita koodikielen projektin mukaan. Tällöin voidaan valita sopiva kieli eri skenaarioiden mukaan ja käyttää kieltä, joka on vastaa parhaiten sen hetkisiä tarpeita. (Azure Functions – Serverless Apps and Computing | Microsoft Azure, 31.3.2022) Google Cloudin – pääohjelmistoinstööri sanookin, että ”käyttämällä palveluntarjoajan valitsemaa kieltä, ja kun käytät sitä heidän tarjoamissaan rajoissa elämäsi on helppoa” (Savage, 2018). Yleisesti voidaan todeta, serverless-sovellukset toteutetaan AWS:ssä joko Pythonilla tai JavaScriptillä (Eismann ym., 2021a). Vaikka serverless-teknologia helpottaa sovellusliittymien rakentamista on otettava huomioon useiden palveluntarjoajien tarjoamat erityyppiset resurssit. Tämän toteuttaminen käytännössä on vaikeaa sillä, resursseja lisätään nopeasti pilvimarkkinoille eikä ole olemassa yhtenäisiä luetteloita, jotka ilmoittaisivat kaikki pilvessä saatavilla olevat resurssit (Varghese & Buyya, 2017).

Servereihin perustuva tietojenkäsittelyn pääinnovaatio on piilopalvelimet, joilla on luonnostaan monimutkainen ohjelmointi- ja toimintamalli. Palvelimen käyttäjien on luotava redundanssi luotettavuuden vuoksi, säädettävä kapasiteettia kuormituksen muutosten mukaan, päivitettävä järjestelmiä turvallisuuden vuoksi ja niin edelleen. Tämä vaatii usein vaikeita perusteluja hajautettujen järjestelmien vikatiloista ja suorituskyvystä. Työkalut voivat auttaa esimerkiksi säätämällä kapasiteettia heuristisesti, eräänlaista automaattista skaalausta, mutta myös nämä vaativat yksityiskohtaista konfigurointia ja jatkuvaa valvontaa. (Adzic & Chatley, 2017) Serverless-teknologia puolestaan luovuttaa nämä ja muut vastuut pilvipalveluntarjoajalle (Schleier-Smith ym., 2021). Onkin arvioitu, että palvelimettoman laskennan käyttö lisääntyy, koska tulevana vuosina miljardeja laitteita on liitettävä verkkoon ja datakeskuksiin (Varghese & Buyya, 2017).

Taulukko 1 Pilvipalveluiden vertailu

	IaaS	PaaS	FaaS	SaaS
Vaatii erikoisosaamista	Korkea	Keskitaso	Matala	Matala

Muokkausmahdollisuudet	Korkea	Keskitaso	Matala	Erittäin matala
Skaalautuvuus/kustannuksen	Vaatii korkea tasoista osaamista luodakseen automaattisen skaalauksen ja muokata sitä	Vaatii korkea tasoista osaamista luodakseen automaattisen skaalauksen ja muokata sitä	Automaattisesti skaalautuva (toimintakutsu) ja laskutus ainoastaan, kun ohjelmisto on käytössä (skaalautuvuus nolnaan)	Piilotettu käyttäjiltä, rajoitukset muodostuvat hinnoittelun ja QoS:n perusteella
Käytössä oleva työyksikkö	Matala tasoiset infrastruktuuriset palikat (verkko, muisti)	Pakattu koodi joka on otettu käyttöön ja pyörii palveluna	Yhden toiminnon suorittaminen	Sovelluskohtaiset laajennukset
Laskutuksen rakeisuus	Keskitaso-suuri rakeisuus: minuuteista tunteihin per resurssi, vuosittaiset alennushinnoittelut	Keskitaso-suuri rakeisuus: minuuteista tunteihin per resurssi, vuosittaiset alennushinnoittelut	Erittäin pieni rakeisuus: satoja millisekunteja toiminnon suorittamisesta	Suuri: yleisesti tilaus-tyyppinen laskutus, perustuu käyttäjien maksimi määrään

(Castro ym., 2019)

3 YRITYS

Yrityksellä tarkoitetaan yhden tai useamman ihmisen harjoittamaa liiketoimintaa. Yritys on oikeudellinen yksikkö, joka tuottaa tavaroita ja palveluita markkinoille ja joka on päätöksenteossaan tietyissä määrin itsenäinen elin. Yrityksestä voidaan puhua, mikäli sillä on vähintään yksi toiminta vähintään yhdessä paikassa, mutta sillä on mahdollista olla useita toimintoja yhdessä paikassa tai useammassa paikassa. (Euroopan unionin asetus, 14.09.2017). Yritys on juridisesti järjestäytynyt elin, joka pyrkii tavoitteelliseen ja taloudelliseen toimintaan, ja jonka tavoitteena on kannattava tulos ja vastaaminen toiminnastaan sille kuuluville sidosryhmille (Hatch, 2006; Tilastokeskus). Tämän työn käsitteenä käytämme asiakasyritystä, sillä näkökulma kohdistuu yrityksiin, jotka ottavat serverless-teknologiaa käyttöön ulkopuoliselta palveluntarjoajalta edistääkseen ja tehostaakseen omaa liiketoimintaansa.

Yritykset voidaan erottaa toisistaan yhtiömuodon perusteella, joita ovat seuraavat. Toiminimi, osakeyhtiö, avoin yhtiö, kommandiittiyhtiö sekä osuuskunta. Yritysmuodoissa päätöksen teot ja vastuut vaihtelevat, mutta päämääränä kaikilla on ylläpitää tuottavaa liiketoimintaa (Suomi.fi - Yritysmuodot, 31.3.2022).

Yrityksiä Suomessa on 368 622 (Tilastokeskus - Yritykset., 14.4.2022.), joista 75 % hyödynsi vuonna 2021, pilvipalveluiden mahdollistamia toiminnallisuuksia yritystoiminnassaan. Tuloksien perusteella yrityksistä, jotka luokitellaan keskisuuriksi tai suuryrityksiksi 90% käyttivät pilvipalveluita (Tilastokeskus - Tietotekniikan käyttö yrityksissä, 15.4.2022.) Euroopan unionin tilastokeskuksen Eurostat:n tilastojen perusteella EU-alueella pilvipalveluita käytti 41% (Eurostat, 31.3.2022.). Näiden tulosten perusteella pystytään muodostamaan päätelmä, että pilvipalvelutarjoajilla on suuret markkinat ja monet asiakasyritykset ovat vielä murrosvaiheessa pilvipalveluiden hyödyntämisen suhteen.

Serverless-teknologia on yksi pilvipalvelumalleista, ja sitä tarjoavia yrityksiä on useampia. Valtaosan markkinoilla käytettävistä serverless-teknologioista on muutaman johtavan yrityksen ylläpitämiä. Näitä yrityksiä ovat Amazon, Microsoft, IBM sekä Google. Kaikkien merkittävien pilvipalvelutarjoajien FaaS-ratkaisut pohjautuvat avoimen lähdekoodin projektiin nimeltä Apache Open

Whisk (Leitner ym., 2019). Pilvipalvelujatarjoaville yrityksille on tärkeää pyrkiä mukana muuttuvassa liike-elämäkentässä ja ymmärtää perusteellisesti ihmisten sekä yritysten toiminta- ja työskentelytapoja, jotta he pystyvät omilla ratkaisuiltaan tarjoamaan toiminnan helpottamista ja muuttamaan sitä entistä tehokkaammaksi.

4 SERVERLESS-TEKNOLOGIAN VAIKUTUKSET ASIAKASYRITYKSISSÄ

Taulukko 2 Serverless-teknologian vaikutukset asiakasyrityksille

Vaikuttava tekijä	Kuvaus	Lähde
Skaalautuvuus	Skaalautuvuuden avulla ei tarvitse miettiä palvelintilan riittävyttä, eikä toiminta häiriinny. Palvelu skaalautuu myös jokaiselle asiakasyritykselle sopivaksi.	van Eyk ym., (2018) Savage (2018)
Lisääntynyt joustavuus	Palvelun implementointi ja käyttöönotto on helpompaa verrattuna perinteisiin tapoihin. Serverless-teknologia vapauttaa enemmän aikaa front-endiin keskittymiseen.	Adzic & Chatley (2017)
Tarpeettoman työn vähentyminen	Yksittäinen lambda-funktio kykenee suorittamaan saman kuin toiminnot, jotka ovat niputettuna.	Savage (2018)
Kustannussäästö	Kiinteästä palvelintilasta maksaminen poistuu, sillä maksut perustuvat suoritettuihin funktioihin. Mallina toimii pay-as-you-go.	Villamizar, Garcés, Ochoa, Castro, Salamanca, Verano Merino, Casallas, Gil, Valnecia, Zambrano & Lang (2017) Kanso & Youssef (2017) Marston, Li, Bandyopadhyay, Zhang & Ghalsasi (2011) Adzic & Chatley (2017)

		Schleier-Smith ym., (2021)
Kustannusten suunnittelun yksinkertaistuminen	Kustannukset määräytyvät käytön perusteella, eikä tarvitse kantaa huolta siitä, mikäli kapasiteetti menee yli ja tarvitsee hankkia lisäpalvelimia.	Schleier-Smith ym.,(2021) Lee ym., (2018)
Kehitystyön yksinkertaistuminen	Sovelluskehityksen kannalta toimintojen ja funktioiden suorittaminen on yksinkertaista.	Savage (2018)
Riippuvuus palveluntarjoajaan	Ominaisuuksien lisääntyessä palvelu monimutkaistuu ja sen kilpailutuksesta tulee haasteellista.	Baldini ym., (2017)
Tietoturvallisuuden epävarmuus	Muokatun koodin ylläpitäminen usean asiakkaan järjestelmissä voi olla riskialtista	McGrath & Brenner (2017) Sajid & Raza (2013) Varghese & Buyya (2017)
Konttitoimintojen hitaus	Teknologia perustuu konttiteknologiaan, joiden viive voi joissain käyttötapauksissa olla liian korkea	Varghese & Buyya (2017) Savage (2018)
Ylimääräisten toimintojen käyttäminen	Toimintojen luomisen helpotuksessa, niiden määrä voi kasvaa suuresti, joka voi monimutkaistaa järjestelmän käyttöä	Nuupponen & Taibi (2020) Schleier-Smith ym., (2021)

4.1 Positiiviset vaikutukset asiakasyrityksille

Serverless-teknologia tuo mukanaan mahdollisuuksia organisaatioille, mutta se synnyttää myös uudenlaisia riskejä ja haasteita. Serverless-teknologialla kyetään luomaan mahdollisuus yksinkertaisempaan pilvipalvelukoodaamiseen ja sen avulla pystytään tuomaan kustannuksia alaspäin, sillä se laskuttaa vain toiminta-ajasta. Palveluntarjoajan näkökulmasta serverless-teknologia tarjoaa mahdollisuuden hallita koko ”kehityspinoa”, mahdollistaen käyttökustannusten vähentämisen pilviresurssien optimoinnin ja hallinnan suhteen. Serverless-teknologia myös vähentää työn määrää mikä vaaditaan pilvipohjaisten sovellusten luomiseen ja hallintaan. (Baldini ym., 2017)

4.1.1 Toimintojen vapautuminen

Serverless-tekniikan avulla päästään eroon kapasiteetin varaamisesta. Kaikkien tietojärjestelmäarkkitehtuurien merkittävä ongelma on ollut käsittelykapasiteetin varaus ja kuormituksen ylittymiseen varautuminen. Yleisiä käytäntöjä ylikuormittamiseen on ollut ottaa käyttöön ylimääräisiä palveluita tai tarjoamalla niin kutsuttua hot-stand by palvelua. Serverless-tekniikalla kapasiteetin varaus ei tarvita, sillä palvelu skaalautuu tarvittaessa käyttäjä tai tapahtuma määrän mukaan. Modernit asiakassovellukset saattavat sisältää erilaisia ominaisuuksia ja tehtäviä voi olla yli satoja kuten vikasiedonesto, turvallisuus tai kuorman tasapainottaminen. Varattua kapasiteettia käyttäessä näitä tehtäviä pyritään usein niputtamaan yhteen sovelluspakettiin. Serverless:n avulla pilvipalvelu alusta itsessään tarjoaa nämä eri ominaisuudet, jolloin kaikki niputuksesta saatavat hyödyt jäävät hyödyttömiksi. Kun jokainen tehtävä on ns. lambda-toiminto, yhdessä tehtävässä ilmenevä vika ei heijastu muihin tehtävien ollessa erikseen skaalattuja. (Adzic & Chatley, 2017) Serverless-tekniikka vapauttaa myös sovelluskehittäjät osittain tarpeettomasta työstä, jolloin kehitystyö yksinkertaistuu. Kuvitellaan tilanne, jossa sovelluksen on avattava kuva. Palvelimettomassa tietojenkäsittelyssä kehittäjän ei esimerkiksi tarvitse tietää missä pilvessä kuva on tallennettu tai kuinka paljon sen säilyttäminen tarvitsee muistia. Kehittäjän tarvitsee vain valita oikea funktio ja palvelu suorittaa toiminnon. (Savage, 2018) Tästä on hyötyä monille asiakasyrityksille sillä, monilla pilvipalvelun käyttäjillä ei kuitenkaan välttämättä ole riittävää asiantuntemusta. Serverless-tekniikassa palveluntarjoajan lisääntynyt vastuu antaa myös asiakkaille enemmän vapautta ja vaihtoehtoja. Palveluntarjoajat valitsevat resurssit, ottavat käyttöön ja tarjoavat resursseja, toteuttavat ja valvovat resurssien käytön, samalla he myös vastaavat työmäärän intensiteetin ja sovelluksen käyttäytymisen seurannasta ja voivat skaalata sovelluksen automaattisesti tai siirtää sen toimintaa toisille palvelimille. Sillä välin asiakas voi keskittyä palvelun käyttämiseen ja siihen, että luo lisäarvoa liiketoiminnalleen. (van Eyk ym., 2018)

4.1.2 Kustannussäästöt ja skaalautuvuus

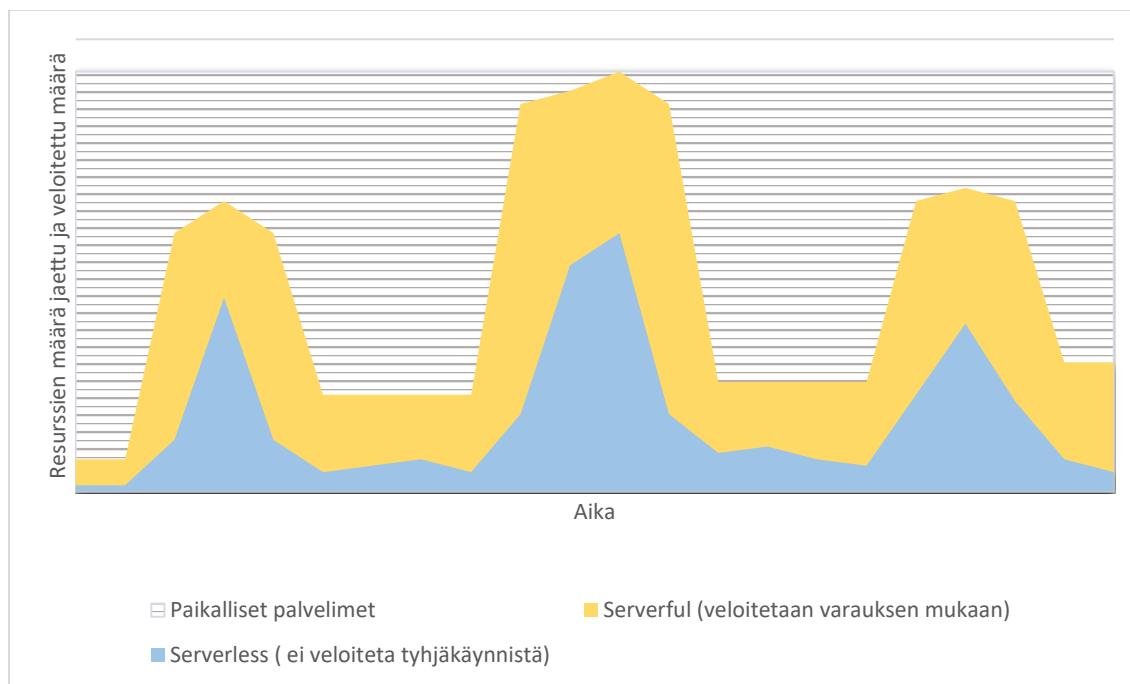
Suurin etu asiakasyrityksille serverless-tekniikan käytöstä on sen kustannus-hyöty. Serverless-tekniikalla voidaan vähentää infrastruktuurista syntyviä kustannuksia jopa 77%, verrattuna monoliittisen arkkitehtuurin tai muun mikropalveluarkkitehtuurin käyttöön (Villamizar ym., 2017). Kustannusnäkökulmasta palvelittoman arkkitehtuurin hyödyt näkyvät parhaiten purskahtavissa, laskentaintensiivisissä työkuormissa (Baldini ym., 2017). Toiminnot suoritetaan vain silloin kun ne käynnistetään, esimerkiksi kun sovellus pyytää kuvaa, ja asiakkaat maksavat vain siitä ajasta, jonka koodi on käynnissä (Savage, 2018). Siirtyminen pääomakustannuksista toimintakustannuksiin yhdenmukaistaa kustannukset tarkemmin todellisten liiketoimintaprosessien kanssa. (van Eyk ym., 2018)

Kun toiminnon laukaisuja tulee lisää, pilvipalveluntarjoaja ajaa useampia versioita funktiosta, jolloin se voi skaalautua nopeasti ilman, että kehittäjän tarvitsee selvittää etukäteen, kuinka paljon muistia tai prosessoriaikaa tarvitaan (Savage, 2018). Perinteisessä mallissa sovellukset koostuvat suurista, monitoiminnallisista virtuaalikoneista, joilla on useita minuutteja kestävä varausaika. Nämä virtuaalikoneet toimivat ikään kuin mustina laatikkoina, ja siksi niitä on vaikea mallintaa ja ennustaa operaattoreille. Vaikka sovellusten pullonkaulana on tyypillisesti vain yksi resurssi sovelluksen yhdessä osassa, operaattorit voivat skaalata koko sovellusta vain pullonkaulan ratkaisemiseksi. Joidenkin näiden ongelmien poistaminen on mahdollista, mutta se edellyttää, että käyttäjä suunnittelee sovelluksen uudelleen, tyypillisesti käyttäen mikropalveluina. Tehokkuus riippuu suuresti käyttäjän asiantuntemuksesta, ja täten useimmat asiakasyritykset eivät voi hyötyä siitä. Palvelimettomassa palvelimessa operaattori voi skaalata yksittäisiä, rakeisia palveluita tai toimintoja paremmin hyödyntäen syvällisempää osaamista. (van Eyk ym., 2018)

Myös Kanso ja Youssef (2017) tuovat esiin että, palvelimettomuus säästää usein rahaa, sillä se vähentää toimintakustannuksia (Kanso & Youssef, 2017), joillekin organisaatioille pay-as-you go -malli on kuitenkin ristiriidassa niiden budjetinhallinnan kanssa. Budjetit saatetaan vahvistaa etukäteen, usein vuosittain. Kiinteän palvelinkapasiteetin käytön suunnitteleminen voi tuntua helpommalta, mutta budjetin hallinta on käytännössä haastavaa, etenkin kun monet tiimit ottavat käyttöön samanaikaisesti pilvipalvelinvirtuaalikoneita tai kun liiketoiminnan tarpeita on vaikea ennakoida. Kun organisaatiot käyttävät serverless-teknologiaa yhä enemmän, ne pystyvät ennustamaan kustannuksiaan historian perusteella, samalla tavalla kuin muiden maksullisten palveluiden kuten sähköön kohdalla (Schleier-Smith ym., 2021) Vuoteen 2020 mennessä 67% kaikesta yrityksen IT-infrastruktuurin ja ohjelmistojen menoista ennustettiin muodostuvan pilvipalvelujen kuluista. (Lynn, Rosati, Lejeune, Emeakaroha, 2017) Tästä syystä asiakasyritysten on syytä kiinnittää huomiota siihen, mitä teknologiaa käyttää ja olisiko sille korvaavia vaihtoehtoja. Useat tutkimukset osoittavat, että palvelimeton tietojenkäsittely olisi kustannustehokkaampaa kuin käsittely palvelimilla perinteisissä virtuaalikoneissa, koska viive on lähes nolla käynnistettäessä uusia instansseja uusien toimintojen kutsumista varten. (Lee ym., 2018a) Oheisessa taulukoossa (taulukko 2) on kuvattu kustannusten määrä serverless-teknologialla ja serverful-teknologialla. Kuuden eri yrityksen datakeskusta tutkiessa tehtiin havaintoja, että useimmat serverful-palvelimet käyttivät vain 10-30 prosenttia käytettävissä olevasta laskentatehosta (Marston ym., 2011). Tämä on asiakasyritysten kustannusnäkökulmasta katsottuna merkittävä asia, mikäli tietotekniset laitteet ovat näin suuresti vajaakäytössä. Scheiler-Smith ym. (2021) mukaan Wagner (2018) kertoo pilvipalveluntarjoajien väittävän, että käytännössä asiakkaat voivat saavuttaa 4-10 kertaisia kustannussäästöjä siirtäessään sovellukset palvelimettomiin sovelluksiin. Merkittävät säästöt tulevat esiin varsinkin jos asiakasyrityksen suorittamat toiminnat ja tehtävät vaativat vähemmän muistia (Adzic & Chatley, 2017). Pilvipalveluiden yhteydessä puhutaan

usein myös sen tukevan ”liiketoiminnan ketteryyttä”, olemalla mahdollistaja useille uusille toiminnoille ja sovelluksille. Kuten termi ”liiketoiminnan ketteruus” antaa ymmärtää, serverless-teknologiassa tai pilvipalveluissa ei kuitenkaan ole kyse vain halvoista laskentamenetelmistä, vaan myös siitä, että asiakasyritykset voivat käyttää nopeasti käyttöönotettavia ja skaalautuvia laskenta-työkaluja. (Marston ym., 2011)

Kuvio 2 Serverless vs. Serverful



(Schleier-Smith ym., 2021)

4.2 Teknologian negatiiviset vaikutukset

Serverless-teknologia sisältää vielä jonkin verran ongelmia sen ollessa vielä jokseenkin uusi teknologia. Serverless-teknologiaa, tapahtumalähtöistä toimintamallia ei vielä ymmärretä tarpeeksi hyvin, jotta siitä saataisiin kaikki potentiaali irti. Omat haasteensa teknologian käyttöön tuovat myös puutteelliset työkalut ja testaus. (Nupponen & Taibi, 2020). Pilvipalvelut tarjoavat suuria etuja asiakasyrityksille, mutta on useita haastavia kysymyksiä jotka on ratkaistava ennen kuin serverless-teknologiaa voidaan hyödyntää entistä enemmän (Sajid & Raza, 2013).

4.2.1 Käytettävyyden sekä turvallisuuden ongelmat

Serverless-teknologian yksi merkittävä ongelma on sen turvallisuus. McGrath & Brenner (2017) tuovat artikkelissaan esiin kuinka modifioidun koodin käyt-

täminen ja ylläpitäminen usean eri asiakkaan järjestelmässä on vaarallisen kuuloinen ehdotus. Artikkelissaan kerrotaan, että vaikka palvelimettomat alustat kykenevät suunnittelemaan toiminta-alueensa turvallisiksi ja rajoittamaan suuresti käyttöoikeuksia, joilla pystytään lisäämään turvallisuutta, olisi suotavaa tehdä lisätutkimusta tämän epäkohdan ympärille. (McGrath & Brenner, 2017) Saman ongelman nostavat esiin Sajid & Raza (2013), jotka mainitsevat että, julkisessa palvelussa olevat tiedot ja sovellukset eivät välttämättä ole kovin turvallista. Samassa artikkelissa Sajid & Raza mainitsevat katastrofitilanteen olevan mahdotonta välttää ja tietojen menetys tuo ongelmia niin käyttäjälle kuin palveluntarjoajalle. (Sajid & Raza, 2013) Pilven luotettavuus on huolenaihe, kun pilvi otetaan käyttöön palvelimettomalla teknologialla etälaskentaa- ja etätallennusta varten. Serverless-teknologian vikoja on raportoitu ja ne ovat vaikuttaneet suuresti mm. DropBoxin ja Netflixin kaltaisiin toimijoihin. Avain palvelimettomien palveluiden laajamittaiseen käyttöönottoon on tietoturva ja luotettavuus, joka palveluntarjoajan on taattava. (Varghese & Buyya, 2017) Yksi ratkaisu turvallisuuden ongelmaan on ottaa palvelimeton paradigma käyttöön paikallisen käyttäjän koneella, jolloin parannetaan myös tietoturvaa eristämällä prosessit kontteihin ja poistamalla käyttämättömät ohjelmat, mikä vähentää mahdollista hyökkäyspintaa (Kanso & Youssef, 2017).

Koska serverless-teknologia laskuttaa asiakasta vain sen toimiessa, eikä ylimääräisistä toiminnoista laskuteta, voi tulla kiusaus luoda ei-aktiivisia toimintoja. Tämä voi johtaa ongelmaan, jossa toimintoja luodaan liikaa, sen sijaan, että käytettäisiin jo luotua toimintoa. Tämä ongelma aiheuttaa käytettävyyden hankaloitumista ja vaikeuttaa järjestelmän ymmärtämistä. (Nupponen & Taibi, 2020) Satunnaiset monimutkaisuudet toimintaympäristössä lisäävät huolta pilviohjelmointiin. (Schleier-Smith ym., 2021) Tämä ongelma voidaan pyrkiä kiertämään harkitsemalla uusien toimintojen luontia tarkemmin ja pohtimalla mikäli toimintoja voidaan jakaa mikropalveluihin. (Nupponen & Taibi, 2020).

Serverless-teknologian toiminta perustuessaan pohjimmiltaan konttiteknoologiaan, tuo sen olemassa olevat puutteet myös ongelmia serverless-teknologiaa käyttäville asiakasyrityksille. Vaikka serverless-teknologian toiminto tapahtuu millisekunneissa, vie kontin luominen sekunnin tai kaksi. Nykyiset viiveet toimintojen kutsumisessa johtuvat konttien luomisesta jokaista toimintoa varten. (Savage, 2018) Vaikka kontit ovat nopeampia kuin virtuaalikoneet, nykyinen konttitekniikka ei voi olla käyttöönoton yksikkö (Varghese & Buyya, 2017). Tuo muutaman sekunnin viive koetaan olevan riittävän nopea monille sovelluksille, mutta poikkeuksiakin on havaittu. Esimerkiksi asiakasyritys, joka käyttää reaaliaikaisten pörssitapahtumien seurantaan tarkoitettuja sovelluksia, konttien käyttäminen koetaan nykyään ongelmallisena johtuen sen hitaudesta. Pörssimuutokset voivat tapahtua millisekunneissa ja kontteja käyttämällä viive kasvaa jatkuvasti. Nykytutkimuksen perusteella konttien nopeampi käynnistäminen on suuri haaste ja mikäli se halutaan saavuttaa, vaatii se suuria muutoksia suoraan konttijärjestelmiin. (Savage, 2018) Tarvitaan vaihtoehtoisia lean-ympäristöt, on integroitava alustoihin, jotka helpottavat Function-as-a-Service -palvelua (Varghese & Buyya, 2017).

4.2.2 Riippuvuus suhteen muodostuminen sekä energiankäytön ongelmat

Serverless-teknologia käyttö tuo mukanaan haasteita resurssirajoitusten suhteen. Serverless-teknologia vaatii resurssirajoituksia sen varmistamiseksi, että alusta kykenee käsittelemään kuormituspiikkejä ja hallitsemaan hyökkäyksiä. (Baldini ym., 2017). Tämä vaatii asiakasyrityksen näkökulmasta katsottuna erityistä huomiota, sillä resurssirajoitukset vaikuttavat useiden toimintojen yhtäaikaiseen suorittamiseen.

Yksi merkittävä ongelma asiakasyrityksille serverless-teknologian käyttöönotossa on riippuvuussuhteen muodostuminen palveluntarjoajaan. Asiakasyritysten on pyrittävä ymmärtämään palveluntarjoajan tarjoamaa alustaa mahdollisimman huolellisesti ja heidän on suunniteltava sovellus vastamaan ennalta määritettyä palveluekosysteemiä (Baldini ym., 2017). Palveluekosysteemissä voi täten olla paljon ominaisuuksia, joita asiakas ei ole ajatellut tarvitsemansa ja ne voivat olla todella houkuttelevia ottaa käyttöön, mutta luoden samalla riskin toimittajan lukkiutumisesta. Serverless-teknologian käyttöönotto vaati ponnisteluja ja erilaisia asteittain kehittyviä kykyjä, joten käyttöönotto olisi syytä toteuttaa asiakasyrityksissä pitkän aikavälin liiketoimintastrategiana eikä sitä pitäisi nähdä yksittäisenä projektina (Villamizar ym., 2017).

Teknologian tuomiin kustannussäästöihin liittyy myös ongelmia vaikka se nousikin esiin vahvana positiivisena vaikutuksena. Adam Eivyn ja Joe Weinmanin (2017) tekemässä tutkimuksessa pyrittiin etsimään eroja serverless-teknologian ja normaalin ohjelmointirajapinnan välillä. Tutkimus osoittaa, että kun vuorovaikutuksia/kutsuja kohdistetaan järjestelmään pieniä määriä sekunnissa (150/s) tuo serverless-teknologia n. 16 % vuosittaissäästöt. Mikäli kutsuja kohdistuu palveluihin suuria määriä sekunnissa (30 000/s) on serverless-teknologia kustannukset vuosi tasolla puolimiljoonaa dollaria suuremmat. (Eivy & Weinman, 2017) Teknologian valintaan on syytä käyttää aikaa, sillä serverless-teknologiaa ei tällä hetkellä nähdä olevan vaihtoehto niille, jotka tarvitsevat huippuluokan intensiivistä laskentatehoa (Lee ym., 2018b).

Yleinen ongelma pilvipalveluiden suhteen on myös niiden käyttämä energiamäärät, sillä suuret datakeskukset käyttävät paljon energiaa (Varghese & Buyya, 2017). Tämä on merkittävä asia, joka vaikuttaa pilvipalveluiden käyttöönottoon, sillä yritykset pyrkivät vuosi vuodelta kohti hiilineutraaliutta. Monet pilvipalvelunpalveluntarjoajat ovat lähteneet tähän muutokseen vahvasti mukaan ja esimerkiksi AWS:n on tarkoitus pyörittää kaikkia servereitään 100% uusituvilla energioilla vuoteen 2025 mennessä (AWS, 11.4.2022.).

4.3 Serverless-tekniikan hyödyntämismahdollisuudet ja tulevaisuuden näkymät

Palvelimeton tietojenkäsittely on lupaava teknologia, jonka ympärille on jo muodostunut kasvavat markkinat, mutta sen tulevaisuuteen ja hyödyntämiseen vaikuttavat muutamat asiat, jotka ratkaisemalla sen käyttöä kyetään laajentamaan. Vain yleiskäyttöinen lähestymistapa voi lopulta syrjäyttää palvelimet ja nostaa serverless-tekniikan pilviohjelmoinnin oletusmuodoksi (Schleier-Smith ym., 2021).

Suurin konfiguroitava aika, jonka lambda-toiminta voi tällä hetkellä suorittaa on 15 minuuttia (AWS Lambda - FAQs, 2021). Tämä lukeman uskotaan kuitenkin kasvavan tulevina vuosina (Fox ym., 2017.). Konfigurointi-ajan kasvaessa voidaan olettaa serverless-tekniikan suosion kasvavan uusin toimintoihin, sen pystyessä suorittamaan tehtäviä eri yritystoiminnassa aikaisempaa laaja-alaisemmin. Serverless-tekniikan suosio perustuu myös siihen, että se lyhentää aikaa, joka tarvitaan sovelluksen saamiseksi käyttäjille. Kaikille teknologisten sovellusten parissa toimiville yrityksille on tärkeämpää saada sovellus ulos markkinoille sen sijaan, että käytettäisiin aikaa sovelluksen optimoimiseen ennen julkaisua. Tämänkaltaisen lähestymistapa soveltuu hyvin työkuormiin, joissa on paljon toimintaa lyhyessä ajassa. Siitä voisi olla hyötyä esimerkiksi lippujen myynissä verkossa. Myyjän verkkosivulla voi olla pitkiä hiljaisia jaksoja, mutta suosituksen konsertin loppuunmyyntiin kuluu muutama minuutti. (Savage, 2018)

Nopeasti kehittyvien palvelimettomien sovellusrajapintojen, kehysten ja kirjastojen tuottama API-viidakko on merkittävä este ohjelmistojen elinkaaren hallinnalle sekä palvelujen löytämiselle ja välittämiseksi. Tämän voittamiseksi on panostettava merkittävästi monipilvipalvelun API-standardointiin, yhteensovittamiseen ja siirrettävyyteen, jotta vältetään lukkiutuminen ja mahdollistetaan saumaton palvelujen löytäminen. (van Eyk ym., 2018)

Palvelimettoman laskennan kriittiset puutteet, asettavat sen automaattisen skaalautumisen mahdollisuudet ristiriitaan nykyaikaisen palvelinkehityksen vallitsevien suuntausten kanssa kuten: datakeskeisen ja hajautetun tietojenkäsittelyn, mutta myös avoimen lähdekoodin ja mukautetun laitteisto tekniikan kanssa. Yhdessä nämä puutteet tekevät nykyisistä palvelimettomista ohjelmista huonosti sopivia pilvi-innovaatioille ja erityisen huonosti tietojärjestelmänno-vaatioihin. (Hellerstein ym., 2018) Edellä mainittu ongelma kohdistui ensimmäisen vaiheen palvelimettoman tietojenkäsittelyyn. Schleier-Smith ja ym., (2021) kuvaavat artikkelissaan, serverless:n olleen kohdistettu pienelle kohde-ryhmälle sen alkuvaiheessa, mutta pilvipalvelutarjoajat luovat jatkuvasti uusia sovelluskohtaisia ja yleiskäyttöisiä serverless-toimintoja, jotka mahdollistavat useampia käyttötapauksia asiakasyritysten käyttöön. Serverless-tekniikan toinen vaihe yksinkertaistaa pilviohjelmointia ja lisää sen käyttömahdollisuuksia. (Schleier-Smith ym., 2021) On kyetty osoittamaan, että infrastruktuuripalvelun (IaaS) ja alustapalvelun (PaaS) vuotuinen tulojen kasvuvauhti oli suurin

kaikista pilvipalveluista. Tämä on selvä osoitus siitä, että pilvipalvelujen vuokralaiset ovat ymmärtäneet infrastruktuurin hallinnan siirtämisen arvon. Useimmat pilvipalvelun vuokralaiset haluavat hyödyntää koodinsa toiminnallisuutta ja samalla minimoida laitteiston hallintaan tehtävät investoinnit ja ohjelmistopino, joka on niiden koodin taustalla. Serverless-teknologia on PaaS:n luonnollinen kehitysaskel. (Kanso & Youssef, 2017)

Vuonna 2021 yrityksistä, jotka ilmoittivat käyttävänsä pilvipalveluja, valtaosa (79 %) valitsi pilviratkaisun sähköpostijärjestelmiensä isännöintiin. Noin kaksi kolmasosaa käytti pilvipalvelua tiedostojen tallentamiseen (68 %) ja toimisto-ohjelmistojen, kuten tekstinkäsittelyohjelmien ja taulukkolaskentaohjelmien, käyttöön (61 %). Yli puolet käytti pilvipalvelua tietoturvaohjelmistojen varten (59 %). Mikä tärkeintä, nämä yritykset käyttivät pilvipalvelua myös edistyneempien loppukäyttäjäohjelmistojen, kuten talous- ja kirjanpitosovellusten (48 %), asiakassuhteiden hallinnan (27 %) ja yrityksen resurssienhallinnan (24 %) käyttöön. (Eurostat b., 31.3.2022.)

Serverless-teknologia on kuin yksi muistakin pilviteknologioista ja sen avulla voidaan integroida yhteen eri sovelluksia ja suorittaa samoja toimintoja kuin ”perinteisemmällä” pilvipalveluilla. Serverless-teknologia kuitenkin tarjoaa enemmän hyötyä esimerkiksi seuraavissa toiminnoissa.

- Toimintaa ja seurantaa vaativat käyttötapaukset: sovellukset, jotka automatisoivat testausta tai käyttöönottoa, myös toiminnot, jotka lievittävät vikoja tai kykenevät automaattisesti korjaamaan ne.
- Limittäisten tehtävien suorittaminen suurina erinä, mikäli yksi toiminto epäonnistuu serverless-teknologialla toteutettu prosessi ei lukitse koko toimintoa vaan vain epäonnistuneen.
- API-rajapinnan toteuttaminen

(Eismann ym., 2021b)

Voidaan siis todeta, että serverless-teknologia luo hyötyä toimintoihin ja tapahtumiin, jotka suoritetaan aikataulun mukaisesti sekä toistuvasti. Joitakin yleisiä tämän kaltaisia toimintoja ovat sähköpostien lähettäminen, varmuuskopioinnin käynnistäminen, tilausten käsittely, tehtävien aikataulutus, kuten tietokannan puhdistus, ilmoitusten lähettäminen, viestit ja IoT-tietojen käsittely. (Schleier-Smith ym., 2021). Tämä kaltaisten yksinkertaisien tehtävien suorittaminen luo myös pienille- ja keskiuurille yrityksille mahdollisuuden päästä hyötymään serverless-teknologian ominaisuuksista. Markkinointiviestien ja uutiskirjeiden lähettämisen automatisoinnin mahdollisuus helpottaisi asiakasyrityksien yhteydenottoa heidän omiin asiakkaihinsa ja parhaimmillaan tuo kustannustehokkuutta arkipäiväiseen toimintaan.

Kuten Eismann ym. (2021) mainitsee kevyiden sovellusohjelmointirajapintojen tekeminen, on vaivattomampaa palvelimettomalla tietojenkäsittelyteknologialla. Eismann (2021) kuvaa tätä esimerkillä serverless-teknologian mahdol-

listamasta toistuvasta toiminnosta sovelluksen mobiilipohjainen taustajärjestelmässä. Vuonna 2019 sosiaalisen median käyttäjät julkaisivat kuvan tai päivityksen yli miljardi kertaa päivässä, joten kyseessä on todella yleinen käyttökohde. Yksinkertaistettuna päivitysten lähettämiproessi serverless-teknologialla etenisi seuraavasti. Käyttäjät lähettävät tilapäivitykset mobiiliasiakkaidensa avulla HTTP-pyyntönä sovellusohjelmointirajapinnalle (API). API käynnistää funktion eli nipun palvelimettomia toimintoja, joka etsii käyttäjän ystäviä taulukosta ja julkaisee tilapäivityksen heille. Lopuksi palvelu tuottaa push-ilmoituksia tilapäivityksistä käyttäjän ystäville. Kymmeniä muita palvelimettomia toimintoja käynnistetään käyttäjän todentamiseksi, viestien lähettämisen hyväksymiseksi, tietojen kopioimiseksi eri paikkojen välillä ja niin edelleen. (Eismann ym., 2021a) Esimerkiksi tunnettu sarjojen ja elokuvien striimauspalvelu Netflix käyttää AWS Lambdaa aputoimintoihin kuten videon koodaukseen, tiedostojen varmuuskopiointiin, eri instanssien turvatarkastuksiin ja valvontaan. Ydintoiminnot kuten verkkosivuston sekä sovelluksen back-end kehitystyö tai videoiden jakelu suoritetaan ”perinteisissä” pilvipalveluissa. (Dashbird, 2020)

5 YHTEENVETO

Tutkielmassa alussa esiteltiin serverless-teknologiaa ja syvennyttiin sen käyttötarkoitukseen ja keskeisempiin ominaisuuksiin sekä vertailtiin teknologiaa käytetyimpiin pilvipalveluteknologioihin. Tämän jälkeen esiteltiin yritys-käsite ja se, kuinka laajasti yritykset käyttävät pilvipalveluita. Tarkennettiin myös, että tulokset kappaleessa käytetään termiä asiakasyritys, sen ollessa tarkempi kohderyhmä, joka voisi hyötyä tutkielmasta. Tämän jälkeen käytiin läpi mitä vaikutuksia serverless-teknologialla on, minkälaiset sen tulevaisuuden näkymät ovat. Aihetta tutkittiin lähdekirjallisuuden perusteella ja lopputuloksina saatiin paljon lisäinformaatiota tutkitun aiheen ympäriltä.

Tehdyn kirjallisuuskatsauksen ja lukemieni lähteiden perusteella pystytään tunnistamaan vielä murrosvaiheessa olevan serverless-teknologian tämänhetkinen tilanne. Koska palvelimetonta teknologiaa ei ole vielä otettu laajasti käyttöön ja käyttötapausten määrä on vielä rajallinen, aiheeseen liittyy suuresti avoimia kysymyksiä ja haasteita, jotka vaikeuttavat käyttöönoton yleistymistä, mutta myös aiheen tarkempaa tutkimusta. Läpikäydyn kirjallisuuden perusteella nousi kolme pääkohtaa, jotka tuottavat haasteita serverless-teknologian käytönyleistymiselle. Näitä ovat turvallisuus, luotettavuus sekä kestävä infrastruktuurin rakentaminen. Kaikilla näillä kohdilla on keskeinen rooli siinä, kehittykö serverless-teknologia oikeaan suuntaan ja ovatko yritykset valmiita ottamaan sitä käyttöön. Uudehkon teknologian käyttöönotto on liiketoiminnalle aina uudenlainen haaste ja sen muokkaaminen tehokkaaksi ja luotettavaksi osaksi yrityksen informaatioteknologianinfrastruktuuria voi viedä aikaa. Vaikka palvelimeton tietojenkäsittely ja pilvilaskenta nähdään kasvavan jatkuvasti, on se silti vasta alkutekijöissään ja kehittymässä. Tuottavimmat ohjelmoijat, asiakkaiden alhaisemmat kustannukset, palveluntarjoajien suuremmat voitot ja parempi innovaatiotoiminta luovat kuitenkin kaikki suotuisat olosuhteet palvelimettomien ratkaisujen käyttöönotolle (Schleier-Smith ym., 2021). Tietoteknisellä alalla löydetään jatkuvasti uusia tekniikoita, joiden avulla voidaan vastata tietomäärien käsittelyyn liittyviin haasteisiin. Palvelimeton palvelu nostaa pilven abstraktiotasoa, ottaa käyttöön pay-as-you-go -hinnoittelun ja skaalautuu

nollasta käytännössä äärettömiin resursseihin. Alhaisempien kustannusten ja yksinkertaisemman järjestelmänhallinnan serverless-teknologia on erittäin kannattavaa pilvipalveluntarjoajille. Yksi valttikortti on myös yksinkertaisempi pilviohjelmointi, joka pienentää myös pienempien yritysten kynnystä hankkia palvelut palvelimettomalla teknologialla (Eismann ym., 2021a). Serverless-teknologian tarjotessa yksinkertaisempaa pilviohjelmointia, on sen käyttötarkoitukset ja tapaukset parhaiten soveltuvia toimintoihin, jotka ovat kevyitä ja toistuvia. Toiminnot kyetään suorittamaan automaattisesti, joka helpottaa yrityksen toimintaa ja vähentää manuaalisen työn määrää. Serverless-teknologian skaalautuvuus on myös yksi sen suurista vahvuuksista. Skaalautuvuudella mahdollistetaan, että asiakas maksaa palvelusta vain, kun se on käytössä. Tämä hyödyttää varsinkin yrityksiä, joiden nettisivujen vierailijamäärät saattavat vaihdella suuresti eri aikojen välillä. Esimerkkinä voidaan käyttää tapahtuma ja keikkalippuja myyviä yrityksiä, joiden nettisivujen kävijämäärät saattavat liikkua sadoissa tuhansissa asiakkaissa suosittujen lippumyyntien aikaan, kun taas joinain aikoina kävijöitä voi olla vain muutamia. Tämän perusteella voidaan todeta serverless-teknologian tuovan hyötyjä yritysten pilvipalvelukustannussuunnitteluun. Serverless-teknologian käytön, jonkun muun pilvipalveluteknologian sijaan, on voitu jo todistaa tuovan säästöjä tietyissä käyttötapauksissa. Kustannusten laskua ja tehokkaampaa kustannusten optimointia on havaittu muun muassa budjetin suunnittelussa. Myöskin viiveen madaltuminen, johtaa joissain tapauksissa kustannusten laskuun. Tulokset, joita tutkimusta tehdessä saatiin kerättyä antavat kuvan siitä, että tälle teknologialle on paikkansa kaikkien pilvipalveluteknologioiden joukossa, sillä sen avulla pystytään toteuttamaan vaivattomasti sille sopivia toimintoja. Serverless-teknologian yleistyminen vaatii kuitenkin vielä paljon lisätutkimusta ja paljon käyttötapauksia, joista voidaan oppia enemmän, löytäen samalla uusia tarkoituksia mihin vahvasti skaalautuvaa ja automatisoitua teknologiaa voidaan hyödyntää. Serverless-teknologia on oikein käytettynä varsin tehokas teknologia, joka luo etua niin ohjelmistokehittäjille, yritykselle kuin asiakkaallekin. Tulevaisuuden tutkimuskohteita olisi hyvä kohdistaa teknologian turvallisuuden tarkastelemiseen. Nykyteknologian turvallisuus koetaan tietynlaisena kynnyskysymyksenä sitä käyttöönotettaessa, joten myös serverless-teknologia kohtaa tämän suhteen haasteita. Yksi ongelmista serverless-teknologiassa on turhien toimintojen luominen, joka tuo mukanaan energiankäytöllisiä haasteita. Tulevaisuudessa olisi hyvä pohtia näiden suhdetta toisiinsa, ja sitä voidaanko serverless-teknologialla mahdollisesti hoitaa joitain toimintoja ja tehtäviä, muita pilvipalveluteknologioita ympäristöystävällisemmin. Myös uusien käyttötapauksien ja -kertomusten löytäminen ja tekeminen varsinkin start-up yritysten näkökulmista olisi tieteellisen tutkimuksen kannalta hyödyllistä. Tämä toisi hyvää informaatiota, siinä tavoin pienemmän koko luokan yrityksissä serverless-teknologia vaikuttaa yrityksen toimintaan.

Kirjallisuuskatsausta tehtäessä tietynlaiseksi haasteeksi muodostui varteenotettavien ja luotettavien lähteiden löytäminen. Kyseisestä aiheesta on tutkittu vasta muutamia vuosia, joten lähdekriittisyys ja niiden tarkempi tutkiminen

ja valikointi oli tärkeää. Monet aiheeseen liittyvät tutkimukset ja artikkelit käyttävät lähteenään tai pohjautuvat muutamiin selkeästi merkittävimpiin aiheen tutkimuksiin. Valittu lähdemateriaali osoittautui hyödylliseksi ja kattavaksi, vastaten sitä tietoa, jota ennen tutkielmaa oli tarkoituksena löytää. Lähdemateriaalin perusteella, voidaan vetää johtopäätös siitä, että servereless-teknologia on hyödyllinen teknologia, mutta sen käyttö sisältää vielä ongelmia, mikä jarruttaa sen yleistymistä. Näiden ongelmien ratkaisuun olisi toivottavaa saada tulevaisuudessa vastaus.

LÄHTEET

- Adzic, G., & Chatley, R. (2017). Serverless computing: Economic and architectural impact. *Proceedings of the 2017 11th Joint Meeting on Foundations of Software Engineering*.
<https://doi.org/10.1145/3106237.3117767>
- AWS Lambda – FAQs. Amazon Web Services, Inc. Noudettu 26. maaliskuuta 2022, osoitteesta <https://aws.amazon.com/lambda/faqs/>
- Azure Functions – Serverless Apps and Computing | Microsoft Azure. Noudettu 31. maaliskuuta 2022, osoitteesta <https://azure.microsoft.com/en-us/services/functions/>
- Baldini, I., Castro, P., Chang, K., Cheng, P., Fink, S., Ishakian, V., Mitchell, N., Muthusamy, V., Rabbah, R., Slominski, A., & Suter, P. (2017). Serverless Computing: Current Trends and Open Problems.
<http://arxiv.org/abs/1706.03178>
- Castro, P., Ishakian, V., Muthusamy, V., & Slominski, A. (2019). The rise of serverless computing. *Communications of the ACM*, 62(12).
<https://doi.org/10.1145/3368454>
- Cloud computing used by 42% of enterprises. Noudettu 14. huhtikuuta 2022, osoitteesta <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20211209-2>
- Cloud computing – Statistics on the use by enterprises. Noudettu 14. huhtikuuta 2022, osoitteesta https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises
- Eismann, S., Scheuner, J., van Eyk, E., Schwinger, M., Grohmann, J., Herbst, N., Abad, C. L., & Iosup, A. (2021a). Serverless Applications: Why, When, and How? *IEEE Software*, 38(1). <https://doi.org/10.1109/MS.2020.3023302>
- Eismann, S., Scheuner, J., van Eyk, E., Schwinger, M., Grohmann, J., Herbst, N., Abad, C. L., & Iosup, A. (2021b). A Review of Serverless Use Cases and their Characteristics. <http://arxiv.org/abs/2008.11110>
- Eivy, A., & Weinman, J. (2017). Be Wary of the Economics of “Serverless” Cloud Computing. *IEEE Cloud Computing*, 4(2), 6–12.
<https://doi.org/10.1109/MCC.2017.32>
- Euroopan Unionin neuvoston asetus (ETY) N: 696/93 - EUR-Lex. (15.3.1993). Noudettu 31. maaliskuuta 2022, osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/LSU/?uri=CELEX%3A31993R0696>
- Fox, G. C., Rabbah, R., McGrath, G., Oakes, E., Chard, R., & Kanso, A. (2017). *First International Workshop on Serverless Computing (WoSC) 2017 Report*

from workshop and panel on the Status of Serverless Computing and Function-as-a-Service (FaaS) in Industry and Research.

- Google Trends. Google Trends. Noudettu 26. maaliskuuta 2022, osoitteesta <https://trends.google.com/trends/explore?date=2015-01-01%202022-03-26&q=serverless>
- Hassan, H. B., Barakat, S. A., & Sarhan, Q. I. (2021). *Survey on serverless computing*. *Journal of Cloud Computing*, 10(1), 1-29.
- Hellerstein, J. M., Faleiro, J., Gonzalez, J. E., Schleier-Smith, J., Sreekanti, V., Tumanov, A., & Wu, C. (2018). *Serverless Computing: One Step Forward, Two Steps Back*. <http://arxiv.org/abs/1812.03651>
- Kanso, A., & Youssef, A. (2017). Serverless: Beyond the cloud. *Proceedings of the 2nd International Workshop on Serverless Computing*. <https://doi.org/10.1145/3154847.3154854>
- Lee, H., Satyam, K., & Fox, G. (2018a). *Evaluation of Production Serverless Computing Environments*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28642.84165>
- Leitner, P., Wittern, E., Spillner, J., & Hummer, W. (2019). A mixed-method empirical study of Function-as-a-Service software development in industrial practice. *Journal of Systems and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2018.12.013>
- Lynn, T., Rosati, P., Lejeune, A., & Emeakaroha, V. (2017). *A Preliminary Review of Enterprise Serverless Cloud Computing (Function-as-a-Service) Platforms*. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2017.15>
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud computing – The business perspective. *Decision Support Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>
- McGrath, G., & Brenner, P. R. (2017). Serverless Computing: Design, Implementation, and Performance. *2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*. <https://doi.org/10.1109/ICDCSW.2017.36>
- Nupponen, J., & Taibi, D. (2020). Serverless: What it Is, What to Do and What Not to Do. *2020 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*, 49–50. <https://doi.org/10.1109/ICSA-C50368.2020.00016>
- Sajid, M., & Raza, Z. (2013). *Cloud Computing: Issues & Challenges*.
- Savage, N. (2018). Going serverless. *Communications of the ACM*, 61(2), 15–16. <https://doi.org/10.1145/3171583>
- Schleier-Smith, J., Sreekanti, V., Khandelwal, A., Carreira, J., Yadwadkar, N. J., Popa, R. A., Gonzalez, J. E., Stoica, I., & Patterson, D. A. (2021). What serverless computing is and should become: The next phase of cloud

- computing. *Communications of the ACM*, 64(5), 76–84.
<https://doi.org/10.1145/3406011>
- Serverless Case Study – Netflix. (2020, heinäkuuta 30). Dashbird.
<https://dashbird.io/blog/serverless-case-study-netflix/>
- Serverless Computing – Amazon Web Services. Amazon Web Services, Inc.
 Noudettu 31. maaliskuuta 2022, osoitteesta
<https://aws.amazon.com/serverless/>
- Spillner, J. (2017). Snafu: Function-as-a-Service (FaaS) Runtime Design and Implementation. <http://arxiv.org/abs/1703.07562>
- Sustainability in the Cloud. Sustainability - US. Noudettu 11. huhtikuuta 2022, osoitteesta <https://sustainability.aboutamazon.com/environment/the-cloud>
- Tilastokeskus. Tietotekniikan käyttö yrityksissä muuttujina Vuosi, Henkilöstön suuruusluokka ja Tiedot. PxWeb. . Noudettu 14. huhtikuuta 2022, osoitteesta
https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__icte/statfin_icte_pxt_12bh_fi.px/table/tableViewLayout1/
- Tilastokeskus. *Yritykset*. Tilastokeskus. Noudettu 14. huhtikuuta 2022, osoitteesta
https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_yritykset.html#Yritykset%20toimialoittain
- van Eyk, E., Toader, L., Talluri, S., Versluis, L., Uță, A., & Iosup, A. (2018). Serverless is More: From PaaS to Present Cloud Computing. *IEEE Internet Computing*, 22(5), 8–17. <https://doi.org/10.1109/MIC.2018.053681358>
- Varghese, B., & Buyya, R. (2017). *Next generation cloud computing: New trends and research directions*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.020>
- Villamizar, M., Garcés, O., Ochoa, L., Castro, H., Salamanca, L., Verano Merino, M., Casallas, R., Gil, S., Valencia, C., Zambrano, A., & Lang, M. (2017). Cost comparison of running web applications in the cloud using monolithic, microservice, and AWS Lambda architectures. *Service Oriented Computing and Applications*, 11. <https://doi.org/10.1007/s11761-017-0208-y>
- Suomi.fi. -Yritysmuodot. Noudettu 31. maaliskuuta 2022, osoitteesta
<https://www.suomi.fi/yritykselle/yrityksen-perustaminen/yritysmuodot>