

Ville Niemi

PILVIPALVELUIDEN EDUT JA HAITAT OHJELMISTOTUOTANNOSSA

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Kandidaatintyö
Toukokuu 2023

TIIVISTELMÄ

Ville Niemi: Pilvipalveluiden edut ja haitat ohjelmistotuotannossa
Tampereen yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan tutkinto-ohjelma, Tietotekniikka
Kandidaatintyö
Toukokuu 2023

Työssä käsitellään pilvipalveluita, sekä niiden etuja ja haittoja modernissa ohjelmistotuotannossa. Lisäksi selvitetään mitä eroja pilvipalveluiden eri muodoilla on sekä, mitä etuja tai haittoja pilvipalveluista on verrattuna paikallisiin palvelimiin. Edut ja haitat painottuvat pilvipalveluiden eri ominaisuuksiin ja laajuuksiin.

Pilvipalveluiden ajankohtaisuus ja levinneisyys tekevät tästä työstä ajankohtaisen. Työ on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, joka hyödyntää tieteellisistä lähteistä kerättyä aineistoa. Lisäksi työssä hyödynnettiin internetistä löytyviä lähteitä, joihin on tehty kriittistä arviointia. Tämän tiedon pohjalta on suoritettu analyysia pilvipalveluiden hyvistä ja huonoista puolista.

Työssä todetaan, että pilvipalveluiden eri muodot ovat kriittisessä osassa siirryttäessä pilviteknologiaan. Lisäksi havaittiin, että pohtiessa pilvipalveluihin siirtymistä tulee selvittää yksilön tai organisaation tilanne teknisen velan ja palveluiden käyttöasteen osalta. Molemmat näistä vaikuttavat merkittävästi päätettäessä siirtymisestä pilvipalveluihin. Tulokset viittaavat, että pilvipalveluiden eduksi lukeutuivat niiden joustavuus ja skaalautuvuus, kun taas haitaksi pilvipalveluiden tietoturva ja kompleksisuus. Näiden pohdintojen myötä työssä todetaan, että luotettavan pilvipalveluntarjoajan valinta on todella tärkeää.

Työssä käsitelty aihe oli laaja-alainen, joten tulokset painottuvat useista eri lähteistä pohjautuviin faktoihin pilvipalveluiden eduista ja haitoista. Pilvipalvelut ovat kuitenkin moderni työkalu ohjelmistotuotannossa, jolloin niiden mahdollistamat käytänteet ovat jatkuvassa muutoksessa. Työssä käsitellään myös pilvipalveluiden tulevaisuutta ja mahdollisia ympäristöystävällisempiä ratkaisuja.

Avainsanat: Pilvipalvelut, IaaS, PaaS, SaaS, ohjelmistotuotanto, modernit palvelut

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
2. TUTKIMUSMENETELMÄ.....	2
3. YLEISTÄ PILVIPALVELUISTA	3
3.1 PILVIPALVELUIDEN HISTORIAA	3
3.2 PILVIPALVELUMALLIT	3
3.2.1 Infrastructure as a Service	4
3.2.2 Platform as a Service	5
3.2.3 Software as a Service.....	5
3.3 PILVIPALVELUIDEN TOTEUTUSTAVAT	6
3.4 PILVIPALVELUIDEN TULEVAISUUS	7
4. PILVIPALVELUIDEN EDUT OHJELMISTOTUOTANNOSSA	8
4.1 SOVELLUSKEHITYKSEN JA YLLÄPIDON KUSTANNUSTEN VÄHENEMINEN	8
4.2 PILVIPALVELUIDEN JOUSTAVUUS JA SKAALAUTUVUUS	8
4.3 YRITYSTEN IT-PUOLEN TOIMINTA.....	9
4.4 JATKUVAT INTEGRAATIOMAHDOLLISUUDET	9
4.5 PILVINATIIVIT SOVELLUKSET	10
5. PILVIPALVELUIDEN HAITAT OHJELMISTOTUOTANNOSSA	11
5.1 EPÄVARMUUS TOIMINTASUHTEESSA.....	11
5.2 PILVIPALVELUIDEN YLLÄPITÄJIEN ONGELMAT	11
5.3 PALVELUIDEN KOMPLEKSISUUS.....	12
6. YHTEENVETO	13
LÄHTEET	15

LYHENTEET JA MERKINNÄT

IaaS	Infrastructure as a Service, infrastruktuuri palveluna
PaaS	Platform as a Service, sovellusalusta palveluna
SaaS	Software as a Service, sovellus palveluna
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen erillisverkko
Docker	Konttitekniologia, jonka avulla sovelluksia voidaan ajaa monessa eri paikassa
CI	Continuous Integration, jatkuva integraatio
CD	Continuous Delivery, jatkuva tuotantoonvienti
DevOps	Development and operations, kehitys- ja operaatiotoimijoiden yhteinen kehityspotki.
TOS	Terms of Service, käyttöehdot
SLA	Service Level Agreement, palvelutasosopimus
AUP	Acceptable Use Policy, hyväksyttävää käyttöä koskevat säännöt

1. JOHDANTO

Pilvipalveluiden nopea kasvu on edesauttanut ohjelmistokehitystä merkittävästi sekä yksilö- ja organisaatiotasolla. Tähän moderniin teknologiaan siirtyessä tulee kuitenkin pohdita sen mahdollisuuksia ja rajoitteita. Tässä tutkielmassa puretaan näiden mahdollisuuksien ja rajoitteiden epäselvyyksiä tutkimalla pilvipalveluiden etuja ja haittoja nykyaikaisessa ohjelmistotuotannossa.

Tutkielman aihe on ajankohtainen, koska se käsittelee modernin ohjelmistotuotannon työympäristöä ja käytänteitä. Nämä ympäristöt ovat erittäin laaja-alaisia. Lähes kaikkialla voi kohdata pilvipalveluihin liittyvää toimintaa.

Pilvipalveluista käydään läpi peruskäsitteitä ja toimintamalleja liittyen ohjelmistotuotantoon. Lisäksi käydään läpi pilvipalveluiden eri muotoja ja palvelutasoja. Käsittelemme pilvipalveluiden eroavaisuuksia, sekä minkälaisille käyttäjille ja minkä tyyppiseen käyttöön kyseiset muodot ovat suunniteltu. Tämän tutkielman tavoitteena on luoda kuva siitä, että mitä tulisi huomioida siirtyessä pilvipalveluihin ja kuinka laajaa palvelutasoa yksilön tai organisaation tulisi hakea.

Pilvipalveluiden tutkiminen on haastavaa merkittävän lähdemäärän takia. Osa on myös kaupallisia ja pyrkivät siten vaikuttamaan yksilön tai organisaation mielipiteeseen. Tämän lisäksi pilvipalvelut uudistuvat jatkuvasti, jolloin ajantasaisen tiedon löytäminen on avainosassa arvioidessa pilvipalveluita.

Tutkielma koostuu kuudesta kappaleesta. Luvussa 2 käydään läpi käytettyjä tutkimusmenetelmiä, tietoaineistoja ja hakumenetelmiä. Luvussa 3 käsitellään pilvipalveluita, sekä niiden historiaa, malleja ja tulevaisuutta. Luvussa 4 käsitellään pilvipalveluiden etuja ohjelmistotuotannossa. Luvussa 5 käsitellään pilvipalveluiden haittoja ohjelmistotuotannossa. Luku 6 toimii yhteenvedona koko tutkielmasta.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena ja siinä keskityttiin pilvipalveluiden etuihin sekä haittoihin ohjelmoitsijan näkökulmasta. Taustamateriaalin etsinnässä hyödynnettiin Tampereen yliopiston Andor-hakukonejärjestelmän lähde- ja aineistoviittauksia. Hakusanoina käytettiin ”Advantages of Cloud Computing”, ”Disadvantages of Cloud Computing”, ”Cloud Computing” ja niiden yhdistelmiä. Andor-hakujärjestelmän lisäksi tutkielman lähteiden haussa hyödynnettiin Google Scholar -palvelua.

Hakutuloksia löytyi pääsääntöisesti englanniksi, joten näitä hakusanoja suosittiin verrattuna suomenkielisiin. Relevanttien artikkelien löytäminen osoittautui haastavaksi, koska pilvipalveluista löytyvää informaatiota on paljon, mutta erityisesti tieteellistä ja vertaisarvioitua materiaalia on hyvin vähän verrattuna internetistä löydettäviin vertaisarvioimattomiin lähteisiin. Tästä syystä myös internetlähteitä on hyödynnetty kirjallisuuskatsauksessa. Näiden lähteiden osalta on kuitenkin suoritettu kriittistä arviointia. Internetlähteet sisältävät tietoa pilvipalveluiden historiasta ja yleisistä teemoista.

Käsitteenä pilvipalvelu on laaja, joten lähteiden etsinnässä suoritettiin rajua karsintaa liittyen pilvipalveluiden etuihin ja haittoihin. Rajausta toteutettiin artikkeleiden tiivistelmien ja johdantojen myötä. Tämän lisäksi rajauksessa kiinnitettiin huomiota materiaalien julkaisuvuosiin ja tämän myötä priorisoitiin uudempia teoksia.

Tutkielmassa käsitellään yleisesti pilvipalveluihin liittyvää termistöä tekstin ja lähteiden ymmärtämiseksi, sekä web-arkkitehtuureja ohjelmoitsijan näkökulmasta. Tutkimusmenetelmiin lukeutuivat myös erilaiset videot nettilähteistä, mutta nämä lähinnä aiheen ymmärtämisen kannalta.

3. YLEISTÄ PILVIPALVELUISTA

Pilvipalvelut ovat teknologia, joka mahdollistaa jaetun ympäristön monen eri käyttäjän välillä internetin välityksellä. Palveluita käytetään myös datan säilytykseen pilvessä, jolloin se on kaikkien saatavilla. (Abdalla & Varol, 2019) Pilvipalveluilla on ollut merkittävä vaikutus ohjelmistotuotantoon viimeisten vuosien aikana. Vanhat palvelinhuoneet ovat harvinaisia erityisesti pienempien yritysten keskuudessa. Arkipäivää onkin kuunnella keskustelua erilaisista työkaluista ja kuinka jonkin sovelluksen arkkitehtuuri on muodostettu pilvipalvelun avulla. Tämän myötä on helppo olettaa, että pilvipalvelut olisivat tuotaneet ainoastaan etuja ohjelmistotuotantoon. Eduista huolimatta myös haittapuolet vaikuttavat valintoihin, kun tavoitteena on siirtyä uuteen ja moderniin palvelinpalveluun.

3.1 Pilvipalveluiden historiaa

Keskustelu pilvipalveluista alkoi vuonna 1961, jolloin John McCarthy viittasi, että tulevaisuudessa tietokoneet saattavat toimia samalla tavalla kuin silloinen puhelinjärjestelmä. Ensimmäiset pilvipalvelun tapaiset sovellukset ilmestyivät 1990-luvun lopulla Salesforcen tuottamalla SaaS-palvelulla, joka tarjosi yrityksille asiakkaanhallintajärjestelmää. Vasta vuonna 2007 Yhdysvalloissa monet yliopistot alkoivat tehdä yhteistyötä Googlen ja IBM kanssa, jolloin akateemisten resurssien jakaminen helpottui ja halventui. (Surbiryala & Rong, 2019)

Ennen pilvipalveluiden nousua, yksittäisellä käyttäjällä oli mahdollisuus tallentaa tietoa palvelimelle (engl. Client server computing). Tämä kuitenkin vaati palvelimeen yhdistämistä, joka vastaa osittain nyky maailman etätyöpöytäteknologioita. Tämän mahdollisuuden jälkeen muodostui hajautettu ratkaisu (engl. distributed computing). Hajautetun mallin myötä käyttäjät pystyivät jakamaan resurssejaan tarvittaessa. Näiden pohjalta nykyisin tunnetut pilvipalvelut ovat syntyneet. (GeeksForGeeks, 2021)

3.2 Pilvipalvelumallit

Pilvipalveluilla on lukuisia erilaisia muotoja, jotka palvelevat eri tasoilla. Yleisimmät pilvipalvelumallit ovat IaaS (Infrastructure as a Service), PaaS (Platform as a Service) ja SaaS (Software as a Service). Tämän lisäksi pilvipalvelut voidaan yleisesti jakaa neljään eri osa-alueeseen, jotka ovat yksityiset pilvipalvelut, yleiset pilvipalvelut, hybridit pilvipalvelut sekä yhteisön pilvipalvelut. Kuvassa 1 on esitetty erilaiset pilvipalvelumallit.

Lokaalit palvelimet	IaaS	PaaS	SaaS
Sovellus	Sovellus	Sovellus	Sovellus
Data	Data	Data	Data
Ajoaika	Ajoaika	Ajoaika	Ajoaika
Väliohjelmistot	Väliohjelmistot	Väliohjelmistot	Väliohjelmistot
Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä
Virtualisaatio	Virtualisaatio	Virtualisaatio	Virtualisaatio
Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet
Tallennustila	Tallennustila	Tallennustila	Tallennustila
Verkot	Verkot	Verkot	Verkot

Kuva 1: Pilvipalvelumallit.

Harmaalla värillä on merkitty käyttäjän itse hallinnoitavat elementit ja vastaavasti vihreällä värillä on merkitty kolmannen osapuolen pilvipalvelun tarjoamat elementit. (Modi, 2021)

3.2.1 Infrastructure as a Service

Infrastructure as a Service (myöhemmin IaaS) -pilvipalvelussa kolmas osapuoli vastaa palvelimista, verkkoyhteyksistä ja virtualisoinnista. Palvelu on alemman tason pilvipalveluita, jotka ovat erityisen suosittuja suurempien organisaatioiden keskuudessa.

Tunnetuimpia esimerkkejä ovat Amazon AWS, Microsoft Azure ja Google Cloud.

(Salas-Zárate & Mendoza, 2012) IaaS-palvelut ovat hyvin skaalautuvia, joustavia ja kustannustehokkaita, sekä ovat käytettävissä monella eri tasolla. IaaS-palvelu on pilvipalvelumalleista turvallisin, koska organisaatiolla säilyy kontrolli dataan ja infrastruktuuriin.

IaaS-pilvipalvelut eivät ole täydellisiä, sillä vanhat järjestelmät saattavat olla epäyhteensopivia palveluiden kanssa, jolloin niiden uudelleenrakentaminen voi olla työlästä tai mahdotonta. Lisäksi IaaS-palveluissa vaaditaan laajempaa osaamista pilvipalveluista, jolloin työntekijöiden koulutukseen voi mennä huomattavasti aikaa ja rahaa.

(Bigcommerce.com, ei pvm)

3.2.2 Platform as a Service

Platform as a Service (myöhemmin PaaS) -pilvipalvelussa kolmas osapuoli tarjoaa kehitysympäristön, jossa kehittäjä voi hyödyntää palvelun tarjoamia kehitys-, integraatio-, testaus- tai resurssien varastointimahdollisuuksia. Kehittäjän vastuulle jää sovelluksen toteutus ja siihen liittyvä data. (Salas-Zárate & Mendoza, 2012) Kehitysympäristön tarjoamat palvelut ovat erityisen käteviä henkilökohtaisissa projekteissa ja pienyrityksissä. Palveluita ovat esimerkiksi AWS Elastic Beanstalk, Heroku ja Red Hat OpenShift. PaaS-palveluiden etuihin lukeutuu myös niiden matala aloituskynnys, helppokäyttöisyys ja skaalautuvuus. PaaS-palvelut ovat kustannustehokkaita matalan tason pilvipalveluita, joita jokainen sovelluskehittäjä voi hyödyntää.

PaaS-palveluiden huonoihin puoliin kuuluu tietoturvakysymykset, koska datan tallennuksessa ja käsittelyssä hyödynnetään kolmannen osapuolen palveluita. Tämä kuitenkin voi olla myös positiivinen asia, mikäli yrityksellä itsellään on tietoturva heikolla kannalla. Lisäksi ohjelmistojen vasteajat saattavat olla pidemmät, riippuen yrityksessä käytetystä ohjelmointikielestä ja -kehiksestä. Näiden palveluiden kustomointi omaan käyttötarkoitukseen on haastavaa ja työlästä. (Bigcommerce.com, ei pvm)

3.2.3 Software as a Service

Software as a Service (myöhemmin SaaS) -palvelut on tavalliselle käyttäjälle tunnetuin palvelumalli. (Bigcommerce.com, ei pvm) Palvelussa olevaa sovellusta käytetään verkkoselaimen ja -sivuston avulla. Se tarjoaa kokonaisvaltaisen palvelutason, eli se sisältää sovelluksen ja datan tallennuksen. Tunnetuimpia palveluita ovat Dropbox, Microsoft Office 365- ja Google-sovellukset. SaaS-palvelut toimivat kaikkialla internetissä ja ne ovat ylläpidetty ulkoisella palvelimella kolmannen osapuolen puolesta. Kyseiset palvelut ovat pienille ja aloitteleville yrityksille, joilla ei ole mahdollisuutta kehittää omaa sovellusta.

SaaS-palveluiden hyödyt tulevat suoraan niiden helppokäyttöisyydestä. Sovelluksen käyttäminen ei vaadi erillistä asennusta päätelaitteeseen. Lisäksi käyttäjien hallinta ja autentikointi voidaan toteuttaa pilvipalvelun avulla. Helppokäyttöisyydestä joutuu kuitenkin usein maksamaan mutta toisaalta palvelut hinnoittelevat tuotteensa selkeästi, jolloin vältytään ikäviltä yllätyksiltä. Kolmannen osapuolen palveluun luottaminen voi johtaa tietoturvaongelmiin, koska organisaatiolla ei ole täyttä kontrollia omasta datastaan ja sovelluksesta. (Bigcommerce.com, ei pvm)

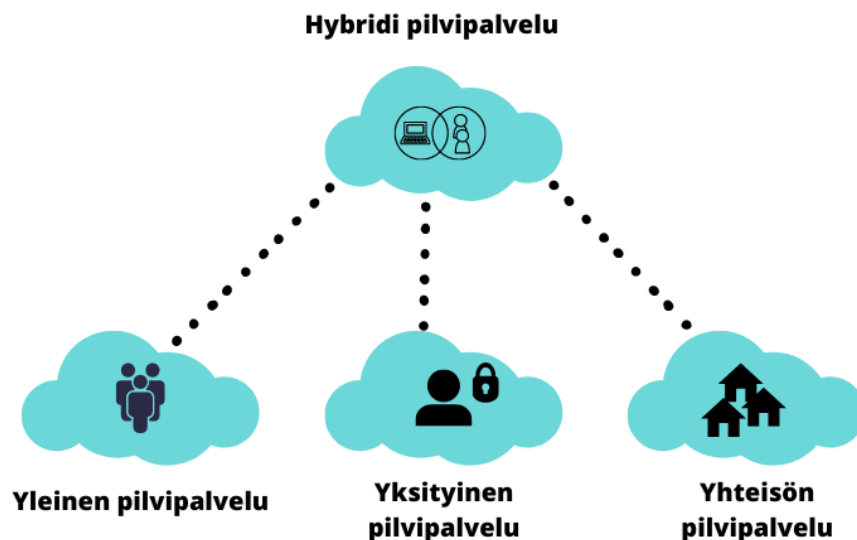
3.3 Pilvipalveluiden toteutustavat

Pilvipalvelumallit jakautuvat erilaisiin toteutustapoihin, kuten yksityiset, yleiset, hybridit ja yhteisölliset pilvipalvelut. Toteutustavat oli ennen helppo erottaa toisistaan sijainnin ja omistajuuden perusteella, mutta nykyään asia ei ole niinkään yksinkertaista.

(RedHat, 2022) Yleiset pilvipalvelut, kuten Amazon AWS, Google Cloud ja Microsoft Azure ovat perinteisesti toimineet jossain muualla kuin asiakkaan tiloissa, mutta nykyisin ne ovat tarjonneet palveluitaan myös toimittamalla palvelimia asiakkaan tiloihin. Tämän myötä raja sijainnin ja omistajuuden välillä häilyy.

Yksityisessä pilvipalvelussa organisaatio vastaa pilvialustan toiminnasta ja hallinnasta. Palvelun sisältämä data ja ympäristö ovat organisaation palomuurin takana. Termi ei ole yksiselitteinen, koska yksityinen pilvipalvelu voi sijaita myös kaupallisessa pilvipalvelussa. Tällaiset ratkaisut ovat yleisiä, jos kyseisellä organisaatiolla ei ole henkilöstöä tai osaamistaitoa pyörittää palveluita täysin itsenäisesti.

Yhteisön pilvipalveluissa hyödynnetään vähintään kahta eri pilvipalvelua, jotka ovat eri palveluntarjoajilta. Hybridi pilvipalvelu on yhdistelmä kaikkia edellä mainittuja palveluita, eli se voi toimia lähiverkossa, ulkopuolisessa verkossa ja VPN-verkoissa. Hybridiverkossa on muodostettu yksittäinen IT ympäristö hyödyntäen kaikkia näitä. (RedHat, 2022) Yhteisön pilvipalvelusta tulee hybridipalvelu, kun pilvipalveluiden välillä on jokin integraatio. Kuvassa 2 on esitetty pilvipalveluiden toteutustavat.



Kuva 2: Erilaiset pilvipalvelut.

Kuvasta 2 nähdään, kuinka erilaiset pilvipalvelut ovat suhteessa toisiinsa. Yleinen, yksityinen ja yhteisön pilvipalvelu ovat erillisinä toimijoita, kun taas hybridipilvipalvelu koostuu näiden yhdistelmästä.

3.4 Pilvipalveluiden tulevaisuus

Pilvipalveluiden suosio on vaikuttanut erityisesti ohjelmistotuotantoalalla toimiviin yrityksiin. Ongelmana pilvipalveluihin siirtyessä ovat yrityksen keskeisesti yrityksen toimintaan liittyneet järjestelmät, kuten maksujärjestelmät sekä asiakasrekisterit. Koska yhteisissä järjestelmissä on käytetty laiteläheisiä ohjelmointikieliä, niiden arkkitehtuuri saattaa jopa estää niiden siirtämisen pilvipalveluihin. Tämä johtuu siitä, että pelkän sovelluksen siirron lisäksi tulee siirtää monia toisistaan riippuvaisia sovelluksia. Tätä kutsutaan myös tekniseksi velaksi, jolloin vanhaa teknologiaa on hankala korvata uudemmalla. Tästä syystä nämä sovellukset voidaan joutua uudelleenkirjoittamaan modernilla teknologialla. (Hurwitz & Kirsch, 2020)

Tulevaisuudessa pilvipalveluiden energiatehokkuuden merkitys kasvaa. Isoissa pilvipalveluissa pienikin energiatehokkuuden parannus säästää rahaa. Esimerkiksi datakeskukset ovat perinteisesti olleet suuria energiankuluttajia, mutta tämä on jo parantunut virtualisaation myötä, jolloin yksi lokaali palvelin voidaan jakaa useammalle asiakkaalle. Tälläkin hetkellä ekoystävällisiä pilvipalveluita parannetaan jatkuvasti, mutta tämä ei tapahdu kovin nopeasti, koska palvelut ovat hyvin suuria ja laajasti levittäytyneitä. (Dharshika & Cholli, 2021)

4. PILVIPALVELUIDEN EDUT OHJELMISTOTUOTANNOSSA

Pilvipalveluihin siirtyminen vaatii nykyisen järjestelmän tutkimista erityisesti teknisen velan puolesta. Siirtymiseen vaikuttaa suuresti pilvipalveluista saatavat edut. Tässä kappaleessa avataan muutamia merkittäviä etuja pilvipalveluissa verrattuna lokaaleihin palvelimiin. Luku jakautuu neljään kappaleeseen. Ensimmäinen kappale käsittelee sovelluskehitys- ja ylläpitokustannusten pienentymistä pilvipalveluiden myötä. Toisessa kappaleessa tutustutaan pilvipalveluiden joustavuuteen ja skaalautuvuuteen. Kolmannessa kappaleessa esitellään pilvipalveluiden vaikutusta yritysten IT-puolen toimintaan. Neljännessä kappaleessa käydään läpi pilvipalveluiden integraatiomahdollisuuksia. Lopuksi viidennessä kappaleessa käydään läpi pilvinatiivien sovellusten tuoman edun ohjelmistotuotantoon.

4.1 Sovelluskehityksen ja ylläpidon kustannusten väheneminen

Pilvipalveluiden hinnat riippuvat hyvin paljon yrityksen luonteesta ja elinkaaresta (Rosencrance, 2022). Joissakin yrityksissä on laajat lokaalit palvelut, joiden avulla pyritetään lähes kaikkia heidän palveluita. Näissä tapauksissa paikallinen palvelin saattaa olla kustannustehokkaampi ratkaisu verrattuna siihen, että kaikki palvelut siirretään pilvipalveluihin. Yleisesti ja varsinkin nuorissa yrityksissä pilvipalvelut ovat erittäin suosittuja johtuen niiden hinnoittelusta käytön suhteen. Tämä mahdollistaa laadukkaan verkkopalvelun toteuttamisen pienemmissä yrityksissä, vaikka heillä ei olisi resursseja hankkia ja ylläpitää suuria palvelinhuoneita.

4.2 Pilvipalveluiden joustavuus ja skaalautuvuus

Pilvipalveluiden hyödyt riippuvat merkittävästi yrityksen kokoluokasta ja palveluiden hyödyntämisestä oikein. Erityisesti pienikokoisen yrityksen kohdalla pilvipalveluita käsitellään eri tavalla kuin suuren organisaation kohdalla. Yksi suurimmista eroista pienen ja suuren organisaation välillä on isojen palvelinhuoneiden kaluston hankkiminen ja niiden vaatima ylläpito. Pilvipalveluiden tapauksessa informaatio on tallennettu ulkoiseen pilvipalvelimeen. (Abdalla & Varol, 2019) Tiedon varastoiminen pilvipalvelimeen on toimiva ratkaisu niissä tilanteissa, joissa yrityksellä ei ole käytössä fyysisiä tallennuspalvelimia, joko tilanpuutteen tai kustannusten myötä.

Yksi pilvipalveluiden parhaista ominaisuuksia on niiden joustavuus ja skaalautuvuus. Pilvipalvelut sopivat lähes jokaiselle ohjelmistokehittäjälle, riippumatta työskenteleekö suurelle maailmanlaajuiselle yritykselle vai tekeekö omaa pientä ohjelmistoprojektiaan.

4.3 Yritysten IT-puolen toiminta

Pilvipalvelut ovat muokanneet myös yritysten IT-henkilöstön tehtäväkuvaa. Ennen heidän päätoimenkuvansa oli seurata fyysisten palvelimien toimintaa, ja huolehtia niiden toimivuudesta. Nykyään pilvipalveluiden myötä heidän päivänsä keskittyy ennemminkin innovaatioihin verrattuna palvelinklustereiden seuraamiseen. (Antonova & Bartkova, 2020) Nykyisin rekrytoinnissa painottuu henkilöiden pilvipalveluosaaminen. Mikäli yrityksellä ei ole tarjota edes näitä ylläpitotehtäviä, voi pilvipalveluihin siirtyminen johtaa myös irtisanomisiin. Tällöin ylläpitokustannukset laskevat henkilöstön myötä.

Monet eri toimenpiteet siirtyvät organisaation sisältä pilvipalveluiden palveluntarjoajille. Näitä ovat esimerkiksi palvelutoiminta sekä infrastruktuurin resurssien hallinnointi. Tällöin yrityksen vastuulle jää vain matalan tason tuki eli neuvontapalvelut. Tämän jälkeen tuki siirtyy pilvipalvelun tarjoajalle. (Garforth, 2014)

4.4 Jatkuvat integraatiomahdollisuudet

Pilvipalvelut mahdollistavat sovellusten jatkuvan integraation toimittamalla työkaluja, joilla kehittäjät voivat tuottaa uusia ominaisuuksia sovelluksiin pienissä paloissa. Tällöin puhutaan monesti jatkuvan integraation ja julkaisun (engl. *Continuous Integration and Continuous Delivery*, CI/CD) kehityspotkista, joissa hyödynnetään automaattista testausta muutosten validoinnissa. (Sacolick, 2022) Tällöin virheiden määrä tuotannossa vähenee. Pilvipalveluiden tapauksessa puhutaan pilvinatiiveista sovelluksista, jotka hyödyntävät moderneja teknologioita, kuten yhteisön pilvipalvelua (GitLab, ei pvm).

Pilvipalveluita hyödyntämällä voidaan saada ohjelmistokehityksen nopeus mahdollisimman nopeaksi. Yksi yleinen periaate on DevOps-järjestelmät. DevOps hyödyntää kehitys- ja operaatiopuolen yhteistyötä, jolloin myös jatkuvat integraatiomahdollisuudet parantuvat merkittävästi. Kehittäjät ja DevOps-ammattilaiset hyödyntävät työkaluja automatisoidakseen pilvinatiiveja sovelluksia. (AWS, ei pvm)

Yksi tunnettu DevOps-työkalu on GitLab Actions. Kyseinen palvelu toimii apuvälineenä kehittäjälle, jonka avulla voidaan luoda automaattinen testausjärjestelmä. Tällöin kehittäjän luodessa uuden pull requestin eli kehittäjän tekemän muutosehdotuksen, voidaan

se testata automaattisesti. Tämän lisäksi työkalussa voidaan rakentaa myös automaattisaatioketju uusien tuotantoversioiden julkaisuun.

Tämä automatisoitu toiminto tapahtuu seuraamuksena tapahtumille, joita järjestelmä rekisteröi. Näitä voi olla esimerkiksi *merge requestin* eli muutosehdotuksen muodostaminen, uuden tiketin luominen tai uuden solmitun muutoksen puskeminen. Näiden tapahtumien myötä kehittäjä voi määritellä työjatkumon, joka kertoo ohjeet järjestelmälle suoritettavista toiminnoista. (Github, ei pvm)

4.5 Pilvinatiivit sovellukset

Pilvipalveluiden vaikutus ohjelmistotuotantoon on myös kasvanut merkittävästi natiivien pilvisovellusten myötä. Natiivissa pilvisovelluksessa hyödynnetään pilviopeeraattorin mahdollistamaa jatkuvaa kehitystä, kuten automaatiotestausta ja versiohallintaa. Sovellukset hyödyntävät pilvipalveluiden skaalautuvuutta, luotettavuutta sekä mahdollisuutta ajaa sovelluksia globaalisti Docker-konttien avulla. (Dowdell, 2021) Pääsääntöisesti pilvisovellukset ovat rakennettu monitasoisen arkkitehtuurin päälle, johon kuuluu neljä tasoa. Käyttäjälle näkyvä "Presentation"-taso, sovelluskoodi "Business"-taso, datan tallentamista ja siirtämistä varten oleva "Persistence"-taso, sekä tiedon säilömistä varten oleva "Database"-taso. (Dowdell, 2021) Monitasoinen arkkitehtuuri on toimiva malli, mikäli sovellus on kehitettävä nopeasti, eikä kehittäjätiimillä ole osaamista pilviarkkitehtuurimalleista, tai sovelluksella on tarkat vaatimukset ylläpidolle ja testaukselle. Tämä malli voi kuitenkin tuottaa ongelmia, kuten esimerkiksi pienet muutokset saattavat vaatia koko sovelluksen uudelleen julkaisemisen. (Dhaduk, 2023)

Pilvinatiivit sovellukset ovat nopeita, turvallisia ja skaalautuvia. Nämä ominaisuudet ovat nykymarkkinoilla tärkeässä roolissa valitessa sovellusarkkitehtuuria (Stine, 2015). Yksi esimerkki pilvinatiivista sovelluksesta on Kubernetes, jonka avulla kehittäjä voi automatisoida julkaisuja sekä tuottaa konttitekniologialla paketteja, joiden avulla sovelluksia voidaan jakaa laajassa skaalassa.

5. PILVIPALVELUIDEN HAITAT OHJELMISTO-TUOTANNOSSA

Pilvipalveluihin siirtyminen vaatii myös kriittistä ajattelua. Tämä prosessi voi aiheuttaa myös hankalia tilanteita organisaatiolle, joten siirtyminen ei ole aina paras ratkaisu. Tässä luvussa käydään läpi erilaisia haittapuolia pilvipalveluista, jotka voivat vaikuttaa pilvipalveluihin siirtymiseen. Tämä luku koostuu kolmesta kappaleesta. Ensimmäisessä kappaleessa käydään läpi pilvipalveluiden mahdollista epävarmuutta toimintasuhteessa. Toisessa kappaleessa käsitellään pilvipalveluiden ylläpitäjien ongelmia. Lopuksi kolmannessa kappaleessa esitellään pilvipalveluiden kompleksisuutta.

5.1 Epävarmuus toimintasuhteessa

Yksi merkittävä kysymysmerkki pilvipalveluissa, kuten monissa muissakin internetin välityksellä toimivissa palveluissa ovat ongelmat palveluntarjoajan päässä. Näitä voivat esimerkiksi olla datan tallennusongelmat, mahdolliset kaatumiset tai vastaavat ongelmatilanteet. Pilvipalvelut vaativat toimivan internet-yhteyden, kun taas lokaalit palvelimet toimivat ilmankin yhteyksiä, kunhan lähiverkkoyhteys on kunnossa. (Mesbahi, Rahman, & Hosseinzadeh, 2018) Pilvipalveluiden tavoitettavuus varmistaa hyvän asiakastyytyväisyyden ja pienentää liikevaihtomenetyksiä. (Mesbahi, Rahman, & Hosseinzadeh, 2018) Vuonna 2015 ilmestyneiden raporttien mukaan palveluhäiriöt aiheuttivat 285 miljoonan dollarin tappiot. Tämä tarkoittaa vuodessa 7,74 tuntia, eli palvelut olivat toiminnassa 99,91 prosenttisesti. (Snyder, Ringenberg, Green, Devabhaktuni, & Alam, 2015)

5.2 Pilvipalveluiden ylläpitäjien ongelmat

Yhtenä heikkoutena pilvipalveluissa on niiden ylläpitäjien kanssa toimiminen, koska jokainen pilvipalvelu vaatii jollain tavalla informaation luovuttamista. Tämä voi olla mahdollisesti myös arkaluontoisia asioita, kuten nimiä ja henkilötunnuksia. Tällöin luotettavan ja tunnetun pilvipalvelun valinta on välttämätöntä. Pilvipalveluiden kanssa toimiessa ovat uhkana myös tietoturvahyökkäykset, joihin itse ei voi edes välttämättä vaikuttaa. Useissa suurissa pilvipalveluissa on kuitenkin hyvät valmiudet toimia tietoturvahyökkäyksiä vastaan, jolloin luotettavan osapuolen valitseminen korostuu entisestään. (Abdalla & Varol, 2019)

Joissain tapauksissa tietoturvahka on niinkin suuri, että kyseistä palvelua ei voi käyttää ollenkaan, koska käyttäjän tiedot ovat jonkun muun palvelimilla. Yksi esimerkki on tälläkin hetkellä vaikuttava Yhdysvaltojen ja Kiinan välinen TikTok-kiista, jossa Yhdysvallat pelkäävät Kiinan saavan 150 miljoonan yhdysvaltalaisen tiedot omiin käsiinsä. (McDonald & Soo, 2023)

Pilvipalvelutarjoajien ja asiakkaiden välille muodostetaan usein neljästä komponentista koostuva sopimus. Tähän sopimukseen kuuluu käyttöehdot (engl. Terms of Service TOS), palvelutasosopimus (engl. Service Level Agreement SLA), hyväksyttävää käyttöä koskevat säännöt (Acceptable Use Policy AUP) ja tietosuojakäytäntö (engl. Privacy Policy). Nämä sopimukset ovat yleinen käytäntö tilauspohjaisissa pilvipalveluissa. Sopimusten tarkoituksena on suojella asiakasta tietoturvan kannalta. Esimerkiksi Privacy Policy -sopimuksen tarkoituksena on suojella asiakkaan dataa lain määrittämien vaatimusten mukaan. Tällöin asiakkaan on myös helppo verrata palveluntarjoajia tutkimalla näitä sopimuksia. Toisaalta vaikka nämä sopimukset ovat olemassa, valtaosa käyttäjistä ei kuitenkaan lue näitä läpi vaan hyväksyy käyttöehdot sokeasti. (Lynn, Mooney, van der Werff, & Fox, 2021)

5.3 Palveluiden kompleksisuus

Kompleksisuus tunnistetaan vaivannäön määrästä oppia ja ymmärtää järjestelmä. Eri-tyisesti ongelmalliseksi osoittautuvat ennakoimattomat haasteet ja esteet. Esimerkiksi olemassa olevan IT-järjestelmän integroiminen pilvipalveluun vaatii ammattilaisen mukanaoloa, mikä saattaa olla tavoittamattomissa yritykselle. (Ali, Shrestha, Ghasemaghaei, & Beydoun, 2022) Lisäksi pilvipalveluiden hallinnointi on haastavaa. Tämän myötä yrityksillä tulee olla osaavia tekijöitä pilvipuolen hallinnoimiseen. Ymmärryksen puute paikallisen palvelun ja pilvipalvelun välillä on myös monissa tapauksissa häilyvää, jolloin yrityksessä tulee olla kahden alan ammattilaisia, mikäli molemmat palvelut ovat käytössä. (Antonova & Bartkova, 2020)

6. YHTEENVETO

Tutkielman tarkoituksena oli selvittää pilvipalveluiden etuja ja haittoja verrattuna paikallisiin palvelimiin. Tätä tutkittiin tutkimalla sekä hyviä ja huonoja puolia pilvipalveluissa yleisesti, sekä perehtymällä niiden toiminta- ja toteutusmalleihin.

Pilvipalvelut ovat hyvin merkittävä osa-alue ohjelmistotuotannossa ja organisaatioiden teknologisessa kehityksessä. Erilaiset pilvipalvelut mahdollistavat laajan virtualisaation jopa pienillä resursseilla, jolloin mahdollistetaan sovellusten ylläpito myös pienemmille toimijoille, kuten yksityishenkilöille. Lokaalit palvelimet vaativat melko paljon resursseja, jotka eivät ole saatavilla kaikille. Tämän tutkielman kappaleissa 4 ja 5 käsiteltiin pilvipalveluiden etuja ja haittoja ohjelmistotuotannossa.

Kappaleessa 4 todettiin, että pilvipalveluiden eduksi lukeutuvat madaltuneet kustannukset sovelluskehityksessä ja ylläpidossa, sekä pilvipalveluiden joustavuus ja skaalautuvuus. Näiden lisäksi yritysten toiminta- ja integraatiomahdollisuudet nopeutuvat ja tehostuvat. Lopuksi käytiin läpi pilvinatiivien sovellusten tuomat hyödyt ohjelmistotuotantoon. Näiden etujen pohjalta pystyi muodostamaan kuvaa pilvipalveluiden tuomasta eduista yleisluontoisesti. Vastaavasti kappaleessa 5 tuotiin esille pilvipalveluiden haittoja. Näihin lukeutui pilvipalveluiden epävarmuus toimintasuhteessa, pilvipalvelujen ylläpitäjien ongelmat ja palveluiden kompleksisuus. Näistä voidaan todeta, että haitat painottuvat erityisesti palveluntarjoajiin. Täten voidaan todeta, että luotettavan palveluntarjoajan valinta on merkittävässä osassa suunnittelussa pilvisovellusta.

Monessa tapauksessa pilvipalvelut ovat tuoneet yrityksiin laajentumismahdollisuuksia joustavuuden ja skaalautuvuuden myötä, mutta palveluissa on huomattu myös ongelmatilanteita. Erityinen ongelma on kolmannen osapuolen rooli datankäsittelyssä ja tietoturvakysymykset. Tietoturvakysymyksiä käsiteltiin kappaleessa 5.2 erilaisten sopimusten muodossa. Lisäksi palveluiden kompleksisuus tuo uusia аспектеja työympäristöön, joita käydään läpi kappaleessa 5.3. Mikäli yritys on vaihtamassa pilviteknologiaan, vaaditaan usein myös pilvipalveluammattilaisia. Ongelmana ovat myös vanhat järjestelmät, jotka vaikeuttavat pilvipalveluihin siirtymistä teknisen velan myötä. Toisaalta pilvipalvelut ovat tuoneet ohjelmistokehitykseen uusia mahdollisuuksia arkkitehtuurimallien ja jatkuvan integraation myötä. Pilvipalveluiden kustannukset ovat usein hyvin joustavia, jonka myötä niiden käyttö on kustannustehokasta. Tämän lisäksi pilvinatiiv-

vien sovellusten tuomat mahdollisuudet tuottavat merkittävästi arvoa ohjelmistotuotantoon.

Pilvipalvelut kehittyvät jatkuvasti ja niistä tulee helpommin saavutettavia myös peruskäyttäjälle, joten pilvipalveluiden tulevaisuus näyttää valoisalta. Tulevaisuudessa pilvipalveluiden energiatehokkuuteen tullaan kiinnittämään enemmän huomiota. Kuten kappaleessa 3.4 pohjustettiin, pilvipalveluiden tulevaisuus tulee olemaan mielenkiintoista seurattavaa, koska nyky maailmassa arvostetaan ekologista entistä enemmän ja resurssien maksimaalista hyötyä koitetaan nostaa jatkuvasti.

Pilvipalvelut ovat yleisesti hyvin laaja-alainen käsite, joten tässä tutkielmassa käsitellyt asiat ovat melko pieni osa kokonaisuutta. Kuitenkin tutkielmassa käsitellyt edut ja haitat toistuvat useassa eri lähteessä ja täten voikin muodostaa kuvaa yleisistä hyödyistä ja haitoista pilvipalveluiden saralla.

LÄHTEET

- Abdalla, P. A. & Varol, A. (2019). Advantages to Disadvantages of Cloud Computing for Small-Sized Business. *2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ISDFS.2019.8757549>
- Ali, O. Shrestha, A. Ghasemaghaei, M. & Beydoun, G. (2022). Assessment of Complexity in Cloud Computing Adoption: a Case Study of Local Governments in Australia. *Information Systems Frontiers*, 24(2), 595-617. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10108-w>
- Antonova, A. & Bartkova, S. (2020). An overview of the advantages of cloud computing and online IDE. *Automatizácia technológičeskíh i biznes-processov*, 12(3), 47-50. <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i3.1927>
- AWS, A. (ei pvm). *What Is Cloud Native?* (Amazon) Haettu 6. Huhtikuu 2023 osoitteesta <https://aws.amazon.com/what-is/cloud-native/>
- Bigcommerce.com. (ei pvm). *SaaS vs. PaaS vs. IaaS: What You Need to Know*. Haettu 22. Maaliskuu 2023 osoitteesta <https://www.bigcommerce.com/articles/ecommerce/saas-vs-paas-vs-iaas/>
- Dhaduk, H. (2020 Heinäkuu 4). *10 Software Architecture Patterns You Must Know About*. Haettu 1. Maaliskuu 2023 osoitteesta <https://www.simform.com/blog/software-architecture-patterns/>
- Dharshika, S. & Cholli, N. G. (2021). Green Cloud Computing: Redefining the future of Cloud Computing. *International Research Journal on Advanced Science Hub*, 3(Special Issue 75), 12-19. <https://doi.org/10.47392/irjash.2021.203>
- Dowdell, D. (2021 Helmikuu 11). Haettu 1. Maaliskuu 2023 osoitteesta [medium.com: https://medium.com/nerd-for-tech/software-architecture-for-the-cloud-c9226150c1f3](https://medium.com/nerd-for-tech/software-architecture-for-the-cloud-c9226150c1f3)
- Garforth, S. (2014 Marraskuu 2014). *How the cloud is revolutionizing roles in the IT department*. Haettu 9. Huhtikuu 2023 osoitteesta <https://www.ibm.com/blogs/cloud-computing/2014/11/10/cloud-revolutionizing-roles-department-2/>
- GeeksForGeeks. (2021 Maaliskuu 5). *History of Cloud Computing*. Haettu 9. Huhtikuu 2023 osoitteesta <https://www.geeksforgeeks.org/history-of-cloud-computing/>
- Github. (ei pvm). *Understanding GitHub Actions*. Haettu 6. Huhtikuu 2023 osoitteesta <https://docs.github.com/en/actions/learn-github-actions/understanding-github-actions>
- GitLab. (ei pvm). *What is cloud native continuous integration?* Haettu 24. Maaliskuu 2023 osoitteesta GitLab: <https://about.gitlab.com/topics/ci-cd/cloud-native-continuous-integration/>
- Judith S. Hurwitz & Daniel Kirsch. (2020). *Cloud Computing For Dummies*. Toinen painos p. For Dummies
- Lynn, T., Lynn T., Mooney, J. G., van der Werff, L. & Fox, G. (2021). *Data Privacy and Trust in Cloud Computing Building trust in the cloud through assurance and accountability* (T. Lynn, J. G. Mooney, L. van der Werff, & G. Fox, Eds.; 1st ed. 2021.). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54660-1>

- McDonald, J. & Soo, Z. (2023 Maaliskuu 24). *Why does US see Chinese-owned TikTok as a security threat?* *AP News*. Haettu 24. Maaliskuu 2023 osoitteesta <https://apnews.com/article/tiktok-bytedance-shou-zi-chew-8d8a6a9694357040d484670b7f4833be>
- Mesbahi, M. R. Rahman, A. M. & Hosseinzadeh, M. (2018). Reliability and high availability in cloud computing environments: a reference roadmap. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 8(1), 1-31. <https://doi.org/10.1186/s13673-018-0143-8>
- Modi, A. (2021 Kesäkuu 21). *IaaS vs. PaaS vs. SaaS*. Haettu 23. Maaliskuu 2023 osoitteesta Dev.to: <https://dev.to/cloudtech/iaas-vs-paas-vs-saas-41d2>
- RedHat. (2022 Heinäkuu 25). *Types of cloud computing*. Haettu 23. Maaliskuu 2023 osoitteesta RedHat.com: <https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/public-cloud-vs-private-cloud-and-hybrid-cloud>
- Rosencrance. (2022 Marraskuu 4). *Breaking Down the Cost of Cloud Computing in 2023*. Haettu 23. Maaliskuu 2023 osoitteesta TechTarget.com: <https://www.techtarget.com/whatis/Breaking-Down-the-Cost-of-Cloud-Computing>
- Sacolick. (2022 Huhtikuu 15). *What is CI/CD? Continuous integration and continuous delivery explained*. Haettu 24. Maaliskuu 2023 osoitteesta InfoWorld: <https://www.infoworld.com/article/3271126/what-is-cicd-continuous-integration-and-continuous-delivery-explained.html>
- Salas-Zárate, M. & Colombo-Mendoza, L. (2012). *Cloud Computing: A review of PaaS, IaaS, SaaS services and providers*. *Lámpsakos*, (7), 47-57.
- Snyder, B. Ringenberg, J. Green, R. Devabhaktuni, V. & Alam, M. (2015). Evaluation and design of highly reliable and highly utilized cloud computing systems. *Journal of Cloud Computing: Advances Systems and Applications*, 4(1), <https://doi.org/10.1186/s13677-015-0036-6>
- Stine, M. (2015). *Migrating to Cloud-native application architectures* (First edition.). Sebastopol: O'Reilly Media.
- Surbiryala, J. & Rong, C. (2019). Cloud Computing: History and Overview. *2019 IEEE Cloud Summit*. 1-7 <https://doi.org/10.1109/CloudSummit47114.2019.00007>