

Karri Seppä

**KOLMEN KÄYTETYIMMÄN PILVIPAL-
VELUTARJOAJAN ILMAISVERSION
VERTAILU**
AWS, GCP ja Azure

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Kandidaatintyö
Tammikuu 2025

TIIVISTELMÄ

Karri Seppä: Kolmen käytetyimmän pilvipalveluntarjoajan ilmaisversioiden vertailu: AWS, GCP ja Azure
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Tieto- ja sähkötekniikan tutkinto-ohjelma, Tietotekniikka
Tammikuu 2025

Tässä tutkielmassa käsitellään kolmea markkinaosuudeltaan suurinta pilvipalveluntarjoajaa, niiden vahvuuksia ja heikkouksia sekä vertaillaan niiden tarjoamia ilmaisversioita. Vahvuuksissa ja heikkouksissa tuodaan esille kirjallisuudessa esitettyjä ominaisuuksia, joita palveluntarjoajilla on. Ilmaisversioiden vertailussa perehdytään eri osa-alueittain palveluntarjoajien ilmaiseksi käytettävien palveluihin, keskittyen palveluiden saatavuuteen ja käyttömäärien rajoituksiin.

Pilvipalvelut ovat jo hyvin suuri osa ohjelmistokehitystä ja niiden suosio kasvaa edelleen. Käytännössä kaikki suuret yritykset käyttävät pilvipalveluita jossakin muodossa. Pilvipalveluntarjoajia tulee jatkuvasti markkinoille lisää, mutta kilpailijoista erottuu merkittävästi kolme: Amazon, Google ja Microsoft. Tämän vuoksi nämä kolme on poimittu tarkasteltavaksi tähän tutkielmaan. Nämä kolme erottuvat pienemmistä palveluntarjoajista niin markkinaosuuksiltaan kuin tarjottujen palveluiden määrässä.

Tutkielmassa päädytään lopputulokseen, että Amazon on pilvipalveluntarjoajana todella varteenotettava, mikä selittääkin ylivoimaisen markkinaosuuden muihin verrattuna. Mutta vaikka Amazon on vähintään hyvä jokaisella tarkastellulla osa-alueella, löytyy silti tilanteita, joissa on perusteltua valita kilpailevan palveluntarjoajan palvelut. Google tarjoaa esimerkiksi Kubernetes teknologian yksinkertaisissa käyttötarkoituksissa ja NoSQL teknologiassa kilpailijoitaan parempia palveluita. Microsoft taas pystyy pitämään markkinaosuudeltaan toiseksi suurimman palveluntarjoajan asemansa integraatiolla muiden Microsoftin tuotteiden kanssa ja esimerkiksi jo olemassa olevan tuotteen siirto pilveen on tehty helpommaksi kilpailijoihin verrattuna.

Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversiot eroavat toisistaan tarjolla olevien palveluiden sekä niiden käyttörajoitusten suhteen. Kaikki pilvipalveluntarjoajat eivät siis tarjoa kaikkia mahdollisia palveluita ilmaiseksi, tai ne voivat olla toiseen palveluntarjoajaan verrattuna hyvin rajoitettuja joko määrällisesti tai ajallisesti. Tämän vuoksi ilmaisversioiden sisällöstä kannattaa olla selvillä palveluntarjoajan valintaa tehdessä.

Avainsanat: Pilvi, pilvipalveluntarjoajat, vertailu, ilmaisversio, ohjelmistotuotanto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Ei käytetty.

Käyttötarkoitus: Ei käytetty.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty: Ei missään.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. ILMAISVERSIOIDEN VERTAILU	4
2.1 Pilvilaskenta	4
2.2 Muisti	6
2.3 Tietokannat	7
2.4 Koneoppiminen ja tekoäly	8
2.5 Mobiilipalvelut	10
3. PALVELUIDEN LAADUN TARKASTELU	12
3.1 Amazon Web Services	13
3.2 Google Cloud Platform	14
3.3 Microsoft Azure	14
4. POHDINTA	16
5. YHTEENVETO	18
LÄHTEET	19

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AMD	Advanced Micro Devices, Inc.
API	Application Programming Interface
ARM	Advanced RISC Machines
AWS	Amazon Web Services
Azure	Microsoft Azure
EC2	Elastic Cloud Compute
EFS	Elastic File System
EKS	Elastic Kubernetes Service
GCP	Google Cloud Platform
GKE	Google Kubernetes Engine
IaaS	Infrastructure as a Service
IoT	Internet of Things
NIST	National Institute of Standards and Technology
NoSQL	Not only SQL
OCI	Open Container Initiative
PaaS	Platform as a Service
RDS	Relational Database Service
RISC	Reduced Instruction Set Computer
SaaS	Software as a Service
SNS	Simple Notification Service
SQL	Structured Query Language
XaaS	Anything as a Service

1. JOHDANTO

Pilvipalvelut ovat jatkuvasti kasvavassa roolissa ohjelmistokehityksessä. Vaikka osa yrityksistä valitseekin toteutettavaksi oman yksityisen pilven, on julkinen pilvi merkittävästi suuremmassa asemassa. Lähes kaikki isoista yrityksistä käyttää vähintään yhtä pilvipalveluntarjoajaa (Edgedelta, 2024) ja vuonna 2021 arvioitiin jo, että pilvipalveluiden datakeskukset suorittavat vuoden 2021 loppuun mennessä 94 % tietokoneella tehdystä laskennasta (Kelly, et al. 2021).

Pilvipalveluiden määrittelystä useampi lähde toteaa NIST (National Institute of Standards and Technology) käyttämän määritelmän yleisimmin hyväksyttäväksi. Tässä määritelmässä (Grance & Mell, 2011) pilvipalvelut on määritelty seuraavanlaisesti:

Keskeiset ominaisuudet:

- Itsepalvelu: käyttäjä voi varata palveluita käyttöönsä ilman ihmiskontaktia.
- Laaja verkkosaatavuus: ominaisuudet ovat saatavilla verkon kautta.
- Resurssien yhdistäminen: palveluntarjoajan laskentaresurssit yhdistetään palvelemaan useita kuluttajia.
- Nopea joustavuus: resurssit voidaan ottaa käyttöön nopeasti isollakin skaalalla.
- Mitatut palvelut: resursseja mitataan ja hyödynnetään tehokkaasti.

Palvelumallit:

- SaaS (Software as a Service): Sovellus palveluna.
- PaaS (Platform as a Service): Alusta palveluna.
- IaaS (Infrastructure as a Service): Infrastruktuuri palveluna.

Käyttömallit:

- Yksityinen pilvi: Organisaation oma pilvi.
- Yhteisön pilvi: Pilvi on tietyn yhteisön käytössä.
- Julkinen pilvi: Pilvi on saatavilla kaikille yleiseen käyttöön.
- Hybridipilvi: Pilvi on yhdistelmä kahta tai useampaa käyttömallia.

Pilvipalvelut ovat kehittyneet ja täten myös niiden määritelmä on muuttunut vuosien varrella. Pilvipalvelut eivät ole enää pelkästään etäkäytettävää tietokoneen laskentaresursseja, vaan määritelmä sisältää myös tiedostojen säilönnän ja jakamisen, tietokantojen käytön sekä erilaisten palveluiden yhdistämisen pilven kautta. Melkein mitä tahansa palvelua voidaan tarjota pilven kautta, ja käytössä onkin jo termi XaaS (Anything as a Service) (Kingsley, 2023).

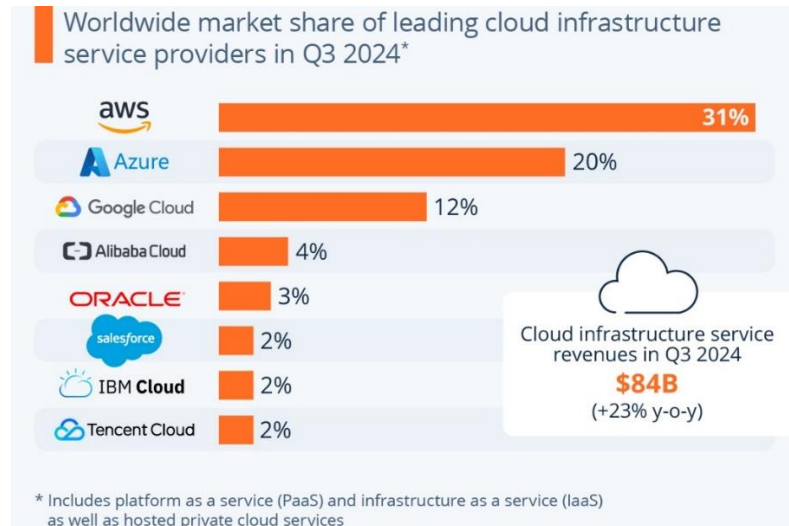
Pilvipalveluntarjoajien käyttö eroaa jokaisen kohdalla ja osa teknologioista on hieman erilaisia, joten kaikkien näiden käytön oppiminen ei ole yksinkertainen haaste. Ohjelmistokehittäjän osaamisen suuntauksella on mahdollista vaikuttaa, minkälaiseen yritykseen työllistyy, sillä erikokoiset yritykset käyttävät pääsääntöisesti eri pilvipalveluita. (Kingsley, 2023)

Tutkielmassa pyritään tuottamaan apuväline sopivimman palveluntarjoajan valintaan. Tutkielmassa keskitytään eri pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioihin. Ilmaisversioiden vertailusta on olemassa hyvin vähän tutkittua tietoa, mikä lisää kiinnostusta aiheeseen. Toisekseen, tutkielmassa vertaillaan palveluntarjoajien palveluiden laatua, jolloin yhdessä ilmaisversioiden tarjonnan kanssa voidaan suositella eri palveluntarjoajaa eri tarpeisiin.

Tutkimuskysymyksinä tässä tutkielmassa on:

- Millaisia vahvuuksia ja heikkouksia kolmella suurimmalla pilvipalveluntarjoajalla on?
- Kuinka kolmen suurimman pilvipalveluntarjoajan ilmaisversiot eroavat toisistaan?

Tässä tutkielmassa vertaillaan keskenään kolmea markkinaosuudeltaan suurinta pilvipalveluntarjoajaa. Vuoden 2024 kolmannella vuosineljänneksellä kolme suurinta palveluntarjoajaa (suluissa markkinaosuus %) olivat PaaS, IaaS sekä ylläpidettyjen yksityisten pilvipalvelut huomioituna AWS (Amazon Web Services) (31 %), Azure (Microsoft Azure) (20 %) ja GCP (Google Cloud Platform) (12 %). Neljänneksi jäävällä Alibaba Cloudilla oli vain neljän prosenttiyksikön (4 %) markkinaosuus. (Richter, 2024) Markkinaosuudet ovat näkyvissä kuvassa 1. Myös Saraswat ja Tripathi (2020) korostavat nykyään olevien palveluntarjoajien suurta lukumäärää, joista kolmen suurimman (AWS, GCP & Azure) tarjoamat palvelut ovat erittäin kattavat ja ansaitsevat siksi noston erilleen muista.



Kuva 1. Pilvipalveluntarjoajien markkinaosuudet (Richter, 2024).

Tämä tutkimus on suoritettu kirjallisuuskatsauksena. Lähteinä on käytetty Tampereen yliopiston kirjaston hakupalvelusta Andorista sekä ACM (Association for Computing Machinery) Digital Librarystä löytyneitä lähteitä: kirjoja, tieteellisiä artikkeleita, konferenssijulkaisuja. Näiden lisäksi tutkielmassa on käytetty pilvipalveluntarjoajien antamia tietoja heidän tarjoamistaan ilmaispalveluista sekä asiakkaistansa. Lähteinä on käytetty ensisijaisesti alle 6 vuotta vanhoja lähteitä, jotka ovat vertaisarvioituja.

Kirjallisuudesta haetulla tiedolla on vertailtu pilvipalveluntarjoajien ominaisuuksia yleisellä tasolla, eli palveluntarjoajien vahvuuksia ja heikkouksia. Näitä eroja vertaillaan yhdessä ilmaisversioiden rajoitusten kanssa, antaen lähtökohdan esimerkiksi siihen minkä pilvipalveluntarjoajan voisi valita oman pienimuotoisen projektin palveluntarjoajaksi.

Ilmisversioiden sisällön vertailu on tehty luvussa 2. Koska tämän tutkielman painopiste on ilmaisversiossa, maksullisiin palveluihin ei perehdytä eikä niitä esitellä ja tutkielmassa on rajattu pois palvelut, joista tarjotaan vain lyhyitä kokeilujaksoja (alle 12kk).

Monen pilvipalveluntarjoajan tarjotessa lähes samoja palveluita palveluntarjoajan valinnassa painopiste on enemmän palvelun laadussa (Hossain, et al. 2024). Palveluiden laadun vertailu on tehty luvussa 3 ja näistä ominaisuuksista on koottu taulukko useasta eri lähteestä. Pohdinta on esitetty luvussa 4. Luku 5 on yhteenveto ilmaisversioiden eroista ja palveluntarjoajien ominaisuuksista.

2. ILMAISVERSIOIDEN VERTAILU

Jokainen pilvipalveluntarjoaja sisällyttää valikoimaansa ilmaisen käyttökokeilujakson, jonka aikana asiakas voi kokeilla palvelun käyttöä. Osa toiminnoista on aina ilmaisia käyttörajoituksin, osa on taas käytettävissä 12kk tai lyhyemmän ajan. Jokainen palveluntarjoaja tarvitsee käyttäjätunnukset palvelunsa käyttöön, joiden luominen vastaavasti tarvitsee ainakin sähköpostiosoitteen sekä pankkikortin. Pankkikortilta ei veloiteta mitään niin pitkään kuin asiakas käyttää vain ilmaiseksi luokiteltuja palveluita, tai ilmaiskokeilu on ajallisesti voimassa. Ilmaisversioita käytettäessä on myös pidettävä mielessä, että palveluiden sisältö tai rajoitukset voivat muuttua milloin tahansa. (Kingsley, 2023)

Ilmaisversioiden rajoituksissa on kuitenkin eroja, joita tässä luvussa tarkastellaan lähemmin. AWS on monelta osaa rajoitettu 12kk kokeilujaksoon tai osa lyhyempiinkin, mutta käyttömäärät ovat kilpailijoita suurempia ja kokeiltavia palveluita on suuri määrä Amazon (2024b) kun taas Google (2024b) antaa rajoitetummat ilmaisipalvelut, mutta 300 \$ alkukrediitin mitä hyödyntää myös maksullisiin palveluihin ensimmäisen 90 päivän aikana. Azure (2024b) on taas yhdistelmä edellä mainittuja: palveluiden tarjonta on hyvä, mutta osa on rajattu 12kk kokeilujaksoon, mutta lisäksi tarjotaan myös 200 \$ krediittejä käytettäväksi kokeilujakson ensimmäisen 30 päivän aikana. Koska työn tarkoitus on tarjota valinta-apua ensikosketukseen pilvipalveluiden kanssa, on lyhyimmät kokeilujaksojen rajaukset poistettu vertailusta ja jätetty vain jatkuvasti tai vähintään 12kk ilmaisena olevat palvelut.

Pilvipalveluntarjoajien palveluita jaetaan eri kategorioihin. Tähän tutkielmaan on valittu viisi kategoriaa: laskenta, muisti, tietokannat, koneoppiminen/tekoäly ja mobiilipalvelut. Näillä osa-alueiden valinnoilla voidaan vertailla suurinta osaa eri palveluntarjoajan palveluista, jotka rajaukseen kuuluvat. Osa näistä palveluista voidaan luokitella useampaan eri osa-alueeseen, mutta selkeyden vuoksi kukin palveluista on mainittu vain kerran.

2.1 Pilvilaskenta

Pilvilaskennassa varsinainen laskenta on jaettu virtuaalikoneisiin ja serverittömään laskentaan. Pilvilaskennan vertailuun on otettu mukaan myös kontit ja niiden hallinta. Palveluntarjoajien ilmaisversioita vertaillaan taulukossa 1.

Virtuaalikone on tietokoneen resurssien osa, joka pystyy toimimaan yksittäisenä tietokoneena, sisältäen oman käyttöjärjestelmänsä. Pilvessä olevien virtuaalikoneiden avulla

skaalautuvuus on helppoa ja nopeaa, kun tarvittava toiminto, esimerkiksi palvelin, voidaan monistaa useammalle virtuaalikoneelle jakamaan kuormaa. Serveritön laskenta tarkoittaa palvelua, missä laskentaa varten asiakkaan ei tarvitse valmistella, säätää eikä ylläpitää erillistä palvelinta tai virtuaalikonetta, vaan laskenta tapahtuu vain asiakkaan pyytäessä pilvipalveluntarjoajan allokoimalla dynaamisella resurssilla. (Kingsley, 2023)

Kontti on teknologian työkalu, jonka avulla ohjelmisto itsessään käyttää omaa sisäänrakennettua käyttöliittymän ydintä ilman tarvetta erilliselle virtuaalikoneelle. (Saraswat & Tripathi, 2020). Kontin sisältämän koodin, ajonaikaisen ympäristön, järjestelmätyökalujen, käyttöliittymän ja kirjastojen avulla kontti pystyy toimimaan tehokkaasti missä tahansa tietoteknisessä ympäristössä (Kingsley, 2023).

Taulukko 1. Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden pilvilaskennan vertailu

Palvelu	AWS	GCP	Azure
Virtuaali-kone	750 h/kk Amazon EC2 kapasiteettia Windows ja Linux, RHEL tai SLES riippuen alueesta (12kk)	1 kpl e2-micro VM Compute Engine – käyttö maksullista	Windows 750 h ARM ja AMD (12kk) Linux 750 h ARM ja AMD (12kk)
Serveritön laskenta	Miljoona pyyntöä/kk, 400 tuhatta GB sekuntia muistia tai 3.2 miljoonaa sekuntia laskentaa AWS Lambda	Yhteensä 37 h/pvä kahta eri instanssia. 1GB tiedon siirtoa ulos/pvä App Engine 2 miljoonaa pyyntöä/kk, 360 tuhatta GB sekuntia muistia, 180 tuhatta vCPU sekuntia /kk Cloud Run	10 web/API sovellusta, 1 GB, 1 h laskentaa /pvä App Service Miljoona pyyntöä, Functions 100GB kaistanleveyttä ja 500 MB muistia /sovellus Static Web Apps
Kontit	50 GB Amazon Elastic Container Registry (12kk)	Käyttö maksullista	Konttien hallinta ilmaista Azure Kubernetes Service 180 tuhatta vCPU sekuntia, 360 tuhatta GiB sekuntia ja 2 miljoonaa pyyntöä, Container Apps

AWS tarjoaa virtuaalikoneista määrällisesti parhaan tarjouksen; 750h/kk Amazon EC2 (Elastic Cloud Compute) käyttöä Windowsilla ja Linuxilla, RHEL (Red Hat Enterprise Linux) tai SLES (SUSE Linux Enterprise Server) käyttöalueesta riippuen. Käytössä tuntimäärien lisäksi 12kk aikaraja. Azure tarjoaa kokonaisuudessaan 750h käyttöä sen 12kk aikarajansa kanssa Windows ja Linux alustoille, vaihtoehtoina myös ARM (Advanced RISC (Reduced Instruction Set Computer) Machines) tai AMD (Advanced Micro Devices, Inc.) kanta. GCP laskuttaa virtuaalikoneen käytöstä heti ensimmäisestä minuutista alkaen.

Serverittömässä laskennassa on myös merkittäviä eroja. AWS tarjoaa vain AWS Lambdan kokeilua. GCP tarjoaa App Enginen kohtuullisella päivittäisellä käytöllä ja Azure vastaavasti App Service palvelunsa, joka rajaa käyttöä jokaista verkkosovellusta kohden. Muiden pilvipalveluiden ylläpitoon käytettäviä serverittömiä funktioita GCP mahdollistaa kaksinkertaisen määrän kilpailijoihinsa verrattuna. Azure on jakanut serverittömässä laskennassa palvelunsa vielä kolmanteen, "Static Web Apps"-palveluunsa, joka on suunniteltu staattisten verkkosovellusten ylläpitoon.

2.2 Muisti

Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden muistit on jaettu kolmeen eri osa-alueeseen, jotka ovat näkyvillä taulukossa 2. Näistä ensimmäinen on geneerinen pilvimuisti mitä käyttäjä voi hyödyntää lähes minkä tahansa tiedon tallentamiseen pilvimuistiksi. Nämä voivat olla esimerkiksi omia tiedostoja kuten tekstiä, kuvia tai esitelmiä.

Toinen on laskentaan erikseen allokoitu muisti, joka on esimerkiksi Amazonin tapauksessa EC2 serverittömän instanssin tai konttitekniikan käytettävissä. Muisti on suunniteltu olemaan helppokäyttöistä, jolloin muistia ei erikseen tarvitse allokoida ja muisti skaalautuu automaattisesti tarpeen mukaan. (Amazon, 2024a)

Kolmas on objektimuisti. Objektimuistissa tieto tallennetaan kokonaisuutena objektina, joka sisältää kaiken datan, uniikin tunnisteen sekä metadatan objektin sisältämästä muistista. Objektimuisti soveltuu parhaiten staattiselle, jäsentämättömälle muistille, jota luetaan usein mutta uudelleenkirjoitetaan harvoin. (Google, 2024a)

Taulukko 2. Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden muistin vertailu.

Palvelu	AWS	GCP	Azure
Geneerinen pilvi-muisti	100 GB AWS Storage Gateway	5 GB Cloud Storage	100 GB Azure Files
Laskentaan käytettävissä oleva muisti	5 GB Amazon EFS (Elastic File System) (12kk) 30 GB Amazon Elastic Block Storage (12kk)	30 GB Compute Engine	Ei erillistä laskentamamuaistia
Objektimuisti	5GB Amazon S3 (12kk)	Ei saatavilla	5 GB, 20 tuhatta ulos 10 tuhatta sisään operaatiota Blob Storage

Geneeristä pilvimuistia AWS ja Azure tarjoavat ruhtinaallisen 100 G, mutta GCP tarjoaa vastaavaa muistia vain 5 GB. Laskentaan hyödynnettävää muistia AWS tarjoaa kahta erilaista, ensimmäistä 5 GB ja toista 30 GB, mutta molempia 12kk kokeilujakson ajan. GCP vastaavasti tarjoaa 30 GB muistia ilman aikarajoitusta. Azure ei puolestaan tarjoa mitään erikseen laskentaan käytettävää muistia ilmaiseksi. Objektimuistia AWS tarjoaa jälleen 12kk kokeilurajoituksella 5kk, Azure saman verran mutta rajoituksineen muistin kirjoittamiseen ja lukuun liittyen. GCP on rajannut tämän kokonaan ilmaisversioidensa ulkopuolelle.

Azure ei tarjoa laskentaan muistia ja GCP ei tarjoa objektimuistia. Määrittään AWS on joko paras tai yhtä hyvä kuin kilpailijansa ja tarjoaa kaikkia kolmea muistityyppiä ilmaisversioina, huomioiden 12kk aikarajoituksen laskentamuistissa sekä objektimuistissa.

2.3 Tietokannat

Tietokannoista vertaillaan taulukossa 3 ilmaisversioiden SQL (Structured Query Language) sekä NoSQL (Not only SQL) palveluita. SQL tietokannat ovat relaatiotietokantoja, jotka ovat taulukkopohjaisia ja niille on tyypillistä skaalautuvuus pystysuunnassa. NoSQL tietokannat ovat ei-relaatiotietokantoja, jotka ovat dokumenttipohjaisia, avainarvopareja

tai kaaviotietokantoja. Ne skaalautuvat vaakasuunnassa. NoSQL tietokannat ovat pääsääntöisesti suorituskykyisempiä ja luotettavampia verrattuna SQL tietokantoihin. (Sha-reef et al. 2022)

Taulukko 3. Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden tietokantojen vertailu.

Palvelu	AWS	GCP	Azure
SQL	750 h/kk Amazon RDS (12kk)	Ei saatavilla	750 h, 32 GB muistia ja 32 GB varmuusko- piota Azure Database
NoSQL	25 GB Amazon Dyna- moDB (jossa ~200M pyyntöä/kk) 1 GB Amazon Sim- pleDB 25h/kk	50 tuhatta lukua, 20 tuhatta kirjoitusta, 20 tuhatta poistoa /päivä /projekti. 1 GB muis- tia /projekti	1000 pyyntöä /s, 25GB muistia Azure Cosmos DB

AWS tarjoaa SQL tietokannoista eniten käyttötunteja, sillä GCP ei tarjoa SQL tietokantaa laisinkaan ja Azuren 750 h rajoitus on koko käyttöajalta, toisin kuin AWSn kuukausittainen käyttöraja, joka on sama 750 h. NoSQL tietokannoissa on vähemmän vaihtelua eri pilvipalveluntarjoajien välillä, mutta käyttörajat ovat hieman erilaiset GCP:n osalta, joka antaa rajoitukset projektikohtaisesti, eikä kokonaismääränä. Näin ollen suuremmat projektit ovat toteutettavissa paremmin AWSn tai Azuren tietokannoilla, kun taas useat pienet projektit voivat hyötyä GCP:n poikkeavasta rajoituksesta, vaikka tämän muisti onkin rajoitetumpi verrattuna kilpailijoihinsa.

2.4 Koneoppiminen ja tekoäly

Vertailussa olevista pilvipalveluntarjoajista kaikki sisällyttävät laajan valikoiman erilaisia koneoppimiseen ja tekoälyyn liittyviä palveluita. Tätä tarkastelua on tehty taulukossa 4.

Puheenkäsittelyn palvelulla voidaan tunnistaa puhetta ja muuttaa tämä tekstiksi. Keskustelevan tekoälyn kanssa käyttäjä voi keskustella tekoälyn kanssa, joka tarjoaa ohjeita, neuvoja, käsittelee dataa sekä tekee muita vastaavanlaisia toimintoja. Kuvantunnistuksessa tekoäly käsittelee kuvan dataa ja tunnistaa siitä tunnistettavia kohteita, kuten esimerkiksi liikennemerkkejä tai ihmisten kasvoja. Puheentuoton palvelut tuottavat puhetta tekstistä. Kääntämisen palvelut kääntävät joko tekstiä tai puhetta kieleltä toiselle.

Objektitunnistusta videosta- palveluissa tekoäly pystyy tunnistamaan erilaisia asioita suoraan videosta.

Taulukko 4. Koneoppimisen ja tekoälyn palveluiden vertailu.

Palvelu	AWS	GCP	Azure
Puheenkäsittely	5 Miljoonaa kirjainta/kk Amazon Comprehend (12kk)	60 min/kk Speech-to-Text	5 h kolmea eri laatua. AI Speech – Speech to Text
Keskusteleva tekoäly	10 tuhatta tekstipynttöä/kk Amazon Lex (12kk)	5 tuhatta yksikköä/kk	3 tuhatta viestiä lääketieteellistä keskustelua Health Bot
Kuvantunnistus	5 tuhatta kuvaa/kk Amazon Rekognition (12kk)	Tuhat yksikköä/kk	Kasvojentunnistus 30 tuhatta kpl
Puheentuotto	5 Miljoonaa kirjainta/kk Amazon Polly (12kk)	Ei saatavilla	500 tuhatta kirjainta /kk
Kääntäminen	2 Miljoona kirjainta/kk Amazon Translate (12kk)	500 tuhatta käännettyä kirjainta /kk	Puhe 5h Standard Speech Translation. Teksti 2 miljoonaa kirjainta.
Objektitunnistus videosta	Ei saatavilla	Tuhat yksikköä/kk	5 tuhatta kappaletta kolmessa eri tasosta.

AWSn palveluiden ilmaisversioiden käyttömäärät ovat suurempia kuin kilpailijoidensa, mutta kaikki ovat rajattuna 12kk käyttörajoituksella ja objektitunnistusta videoista ei ole käytettävissä. GCP tarjoaa pysyvinä palveluina kaikkia muita paitsi puheentuottoa tekstistä, mutta kuukausittaiset käyttömäärät ovat pienemmät kuin AWSn. Azure tarjoaa kaikkia tässä vertailussa olevia palveluita, mutta keskusteleva tekoäly on tarkoitettu vain terveystalouteen. Käyttömäärät ovat merkittävästi pienemmät kuin kilpailijoilla, ja kaikki muut paitsi puheentuotto ovat kertamääriä eivätkä kuukausittaisia käyttömääriä.

Käyttömääriä vertailemalla AWS on hyvässä asemassa kilpailijoihinsa nähden. Azure tarjoaa palveluitaan hieman erilaisilla mittareilla kuin AWS, tarjoten tuntimääriä, mutta

kokonaiskäyttömäärällä eikä kuukausittaisella käyttöasteella. Näin ollen pitkittyneessä käytössä AWS:n palveluita voi käyttää pitempään.

2.5 Mobiilipalvelut

AWS ja Azure tarjoavat ilmaisversioissaan käyttäjillensä erilaisia mobiilipalveluihin sopivia palveluita. GCP tarjoaa vertailussa olevista viidestä palvelusta vain yhtä: publish/subscribe palvelua ja näin ollen ei yritä kilpailla tällä osa-alueella kovin voimakkaasti. Pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden tarkastelua on tehty taulukossa 5.

Viestinnässä SNS (Simple Notification System) palvelua käytetään puskuilmoitusten ja tekstiviestien lähettämiseen. Puskuilmoituksia voi lähettää sovellusten välillä tai sovelluksesta käyttäjälle. Tekstiviestejä voi lähettää Amazonin palvelusta globaalisti yli 240 maahan. (Amazon, 2024c) Azuren tapauksessa viestintä on rajattu puskuilmoitusten lähettämiseen.

API (Application Programming Interface), eli ohjelmointirajapinta määrittelee miten esimerkiksi kaksi sovellusta voivat kommunikoida keskenään. Vaikka näitä rajapintoja on käytännössä kaikissa ohjelmoinnin osa-alueessa, tässä tutkielmassa tämä on määritelty mobiilipalveluiden vertailun alle. Pilvipalveluntarjoajien API palveluiden avulla pystytään hallinnoimaan kaikkia pilvessä olevia käyttäjän rajapintoja.

Käyttäjän tunnistuksen palveluilla voidaan hoitaa asiakkaan rekisteröityminen, kirjautuminen ja sallia pääsy eri resursseihin verkko- ja mobiilisovelluksissa. Näihin palveluihin voi kuulua myös mm. kirjautuminen sosiaalisen median käyttäjätunnuksen avulla tai kirjautuminen salasananattomasti kertakäyttökoodilla tekstiviestillä tai sähköpostitse.

Publish/Subscribe eli julkaise/tilaa-protokolla on kommunikaatioprotokolla, missä julkaisija lähettää uuden tiedon siitä kiinnostuneille tilaajille. Tilaajat voivat tilata monta eri julkaisijaa. Teknologiaa käytetään esimerkiksi sensoreissa, milloin eri sensorit olisivat julkaisijoita ja niiden dataa keräävä palvelin tilaaja.

Taulukko 5. Mobiilipalveluiden vertailu.

Palvelu	AWS	GCP	Azure
Viestintä	Miljoona viestiä Amazon SNS 5 tuhatta/kk Amazon Pinpoint (12kk)	Ei saatavilla	Miljoona viestiä Notification Hubs
API palvelu	Miljoona pyyntöä/kk Amazon API Gateway (12kk)	Ei saatavilla	Miljoona pyyntöä/kk API Management
Käyttäjän tunnistus	50 tuhatta tunnistusta/kk Amazon Cognito	Ei saatavilla	50 tuhatta tallennettua objektia Microsoft Entra ID
Publish/Subscribe	250 tuhatta/kk AWS AppSync (12kk)	10 GB viestejä/kk	20 tuhatta viestiä/pvä, 1 julkaisija, 20 kuuntelijaa Web PubSub

AWS tarjoaa eniten palveluita ja suuremmilla käyttömäärillä kuin kilpailijansa, mutta rajoittaa rajapintapalvelunsa, puskuviestit sekä publish/subscribe palvelunsa 12 kk ajalliseen käyttöön. Azure tarjoaa samoja palveluita, mutta määrät ovat kokonaismääriä eivätkä kuukausittaisia käyttömääriä, paitsi rajapintapalvelussa, jossa käyttömäärä on rajattu 20 kuuntelijaan ja 20 tuhanteen viestiin päivässä.

3. PALVELUIDEN LAADUN TARKASTELU

Pilvipalveluntarjoajien vertailussa käytetään usein näiden QoS (Quality of Service), eli palvelun laadun määritelmää. Palveluntarjoajaa valitseva asiakas pisteyttää itsellensä tärkeimpiä ominaisuuksia mitä palveluntarjoajalta haluaa ja perustaa valintansa näiden mukaan. (Santosh & Narayana, 2023). Tämä korostuu tilanteissa, joissa palveluntarjoajien tarjoamat palvelut eivät eroa sisällöllisesti merkittävästi toisistaan. Taulukossa 6 on esitetty tiivistetyssä muodossa kunkin pilvipalveluntarjoajan palveluiden vahvuuksia ja heikkouksia. Koska tutkielman keskipiste on ilmaisversioiden vertailussa, niin taulukossa ei oteta huomioon hinnoitteluun liittyviä eroja.

Taulukko 6. Pilvipalveluntarjoajien vahvuuksien ja heikkouksien vertailu

Palveluntarjoaja	Vahvuudet	Heikkoudet
AWS	<ul style="list-style-type: none"> • Kubernetes edistyneillä asetuksilla. • Laajat säätömahdollisuudet. • Lukumääräisesti eniten palveluita. • Parempi saatavuus maailmalla. • Pilvilaskennan tehokkuus. • Pisimpään markkinoilla ollut. • SQL teknologia. • Suurin markkinaosuus. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asetusten ja ominaisuuksien säätäminen voi olla monimutkaista sekä työlästä. • Tapaus missä AWS on keskeyttänyt palveluidensa tarjoamisen tietyille asiakkaalle, estäen asiakkaan toiminnan.
GCP	<ul style="list-style-type: none"> • Avoimen lähdekoodin tuki. • Kubernetes yksinkertaisilla asetuksilla. • Nopeasti kasvava pilvipalveluntarjoaja. • Tehokas NoSQL teknologia. • Tiedonkäsittelyn työkalut. 	<ul style="list-style-type: none"> • Suppeampi palveluiden tarjonta. • Saatavuus voi olla heikompi
Azure	<ul style="list-style-type: none"> • Sovellusten siirto pilveen. • Avoimen lähdekoodin tuki. • Integraatio Microsoftin muiden tuotteiden ja palveluiden kanssa antaa kilpailuetua. • Varmuuskopiointi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Työkalut palveluiden hienosäätöön ovat osittain puutteellisia. • Tietokantojen skaalautuvuudessa voi olla viivettä. • Teknistä käyttötukea on saatavilla vain windows-ympäristön sovelluksille.

Pilvipalveluntarjoajien valinnasta on tehty tutkimuksia ja kirjallisuutta erittäin laajasti ja aiheesta löytyy erilaisia keinoja sekä algoritmeja, jotka suosittelevat tiettyä palveluntarjoajaa hyvin määriteltyjen asiakkaan kriteeristöjen perusteella. Valinnassa täytyy huomioida erilaisia kriteereitä ja tämä aiheuttaa myös paljon haasteita valinnan suhteen (Hosain, et al. 2024). Palveluntarjoajaa valittaessa täytyy siis perehtyä omien tarpeiden mukaisesti kunkin palveluntarjoajan vahvuuksiin ja heikkouksiin, jotta palvelun käyttö olisi mahdollisimman optimaalista omassa käyttötarkoituksessa. Näitä tapoja ei pystytä käyttämään sellaisenaan pelkän ilmaisversion valinnassa, mutta suunniteltaessa isompaa tuotetta on suositeltavaa pitää mielessä pitkän matkan näkemykset, jotka vaikuttavat palveluntarjoajan valintaan enemmän kuin mitä ilmaisversiot rajaavat.

3.1 Amazon Web Services

Pisimpään markkinoilla ollut, markkinaosuudeltaan suurin ja palveluiltaan laajoin AWS on pilvipalveluntarjoajana luotettava, hyvin skaalautuva sekä tietoturvallinen. Amazonilla on eniten datakeskuksia ympäri maailmaa, tarjoten palveluita lähellä asiakasta. (Kingsley, 2023) Jo nämä asiat pelkästään tekevät AWS:stä vartenotettavan pilvipalveluntarjoajan. Vuonna 2018 AWS:n yhteenlaskettu laskennallinen kapasiteetti on ollut jopa viisinkertainen verrattuna mihinkään muuhun pilvipalveluntarjoajaan (Deskmukh, R. 2018). Tunnetuimpia AWS:n käyttäjiä multimediakäytössä ovat muun muassa: NHL, Fox, Netflix, F1 & HBO max (Amazon 2024c).

Konttitekologia Kubernetesin suhteen Amazonin EKS (Elastic Kubernetes Service) on parempi kustomoitujen klustereiden käytössä. AWS on suositeltu myös, jos on tarvetta käyttää OCI (Open Container Initiative) yhteensopivia kontainerin kuvia (Truyen et al. 2020).

SQL tietokannoista Amazonin RDS (Relational Database Service) on kilpailijoihinsa verrattuna paremmin säädettävissä, toimii tehokkaammin ja sen toiminnot ovat monipuolisemmat (Shareef et al. 2022). Tietokantaan kirjoittaminen ja sieltä lukeminen oli nopeampaa (Baran & Slawomir, 2022).

AWS erottuu serverittömässä laskennassa muistiin kirjoittamisessa. AWS:n tarjoama EC2 kirjoitti sekä luki muistista ilmaisversioiden testissä parhaimmillaan jopa 56.7 % nopeammin kuin kilpailijansa. (Baran & Slawomir, 2022)

Kritiikkinä voidaan nostaa esille tilanne, jossa vuonna 2020 AWS poisti asiakkaansa verkkosivut palveluistansa mitä todennäköisimmin poliittisten syiden takia. Koska palvelun siirto pilvipalveluntarjoajalta toiseen ei ole helposti tai nopeasti tehtävissä, tämä voisi

tarkoittaa monessa tilanteessa yrityksen konkurssia, jos resursseja tähän siirtoon ei ole valmiiksi olemassa. Tämä tapahtuma loi kokonaan uuden uhan pilvipalveluiden käyttäjille. Vaikka toimi olisikin moraalisesti hyväksyttävä, se voitiin kuitenkin katsoa myös olevan vastoin sananvapautta eikä palveluntarjoajan hyvien tapojen mukaista. (Kingsley, 2023)

3.2 Google Cloud Platform

GCP aloitti toimintansa 2008 tarjoamalla Google App Engine palveluansa jolla asiakkaat pystyivät ensimmäistä kertaa suorittamaan omia sovelluksiaan Googlen palveluissa. Tässä oli kuitenkin merkittäviä rajoituksia, kuten 500 MB muistin käyttö sekä ohjelmointikielistä vain Python oli käytettävissä. Palvelua päivitettiin vuonna 2011, jolloin siitä tuli kattavampi tuote Googlen valikoimaan. Tällä hetkellä GCP on pilvipalveluntarjoajien markkinaosuudessa kolmannella sijalla. (Mirghani & Hajjdiab. 2017)

Google Cloudia pidetään konttipalvelu Kubernetes:in syntypaikkana. Käytettäessä alkuperäisiä Kubernetesin klustereiden asetuksia Googlen GKE (Google Kubernetes Engine) on viimeistellyin, skaalautuvien ja luotettavien palveluntarjoaja verrattuna Amazonin ja Azuren vastaaviin palveluihin. Myös luotettavuuden ja verkon suojauksen osalta GKE on paras vaihtoehto. (Truyen et al. 2020)

GCP:n käyttämä Firestone NoSQL tietokannan vastausajat olivat Calderoni et al. (2022) tekemien testien perusteella keskimääräisesti noin puolet kilpailijoiden vastaavista ajoista, eli merkittävästi tehokkaampi. Tämä lopputulos voi olla kuitenkin hyvin riippuvainen siitä, kuinka tietokantaa käyttää ja mihin tarkoitukseen.

3.3 Microsoft Azure

Microsoft Azure hyötyy palveluntarjoajana Microsoftin muiden tuotteiden ja palveluiden olemassaolosta, tarjoten joissain tapauksissa integraatioita järjestelmien kanssa mitä muilta pilvipalveluntarjoajilta ei ole saatavilla. Näin ollen yritykset, joiden palvelimet ovat windows pohjaisia hyötyisivät selvästi Azuren käytöstä (Saraswat, Tripathi 2020). Microsoftin muita tuotteita ovat esimerkiksi: Microsoft Windows, Office 365, Visual Studio, .NET, Copilot, Xbox & Teams (Microsoft, 2024a).

Azuren vahvuutena on helppo integroitavuus yrityksen jo olemassa-oleviin palveluihin (Baran & Slawomir, 2022). Saman suosituksen antavat Saraswat & Tripathi (2020), kehottaen vielä lisäksi Azuren käyttöä, kun yrityksellä on jo oma pilvi, jota halutaan laajentaa hybridipilveksi.

Serverittömän laskennassa ilmaisversioiden verkkoyhteyksiä testatessa Azuren suorituskyky oli merkittävästi kilpailijoitaan parempi (Baran & Slawomir, 2022). Testissä verrattiin virtuaalikoneiden verkkoyhteyksien nopeuksia.

Mahdollinen Azuren heikkous on skaalautuvuus kysynnän kasvaessa äkillisesti, verrattuna muihin pilvipalveluntarjoajiin. Tämän ilmiön havaitsivat Al-Said Ahmad & Andras (2019) OrangeHRM testauksissaan sekä Calderoni & Maio (2022) serverittömän IoT (Internet of Things) back end stressitestauksessa.

4. POHDINTA

Tämä tutkielma antaa neuvoja siitä, miten pilvipalveluntarjoajat eroavat toisistaan ilmaisversioiden osalta ja palveluiden laadulta. Tutkielman taulukosta voi lukija helposti vertailla itselleen sopivinta palveluntarjoajaa esimerkiksi tietokantaansa varten. Palveluntarjoajien tarjontaa vertailemalla voi myös nähdä mikä palveluntarjoaja antaa käyttää muitakin haluttuja palveluita ilmaiseksi.

Palveluntarjoajilla on vahvuuksia ja heikkouksia palveluiden laadussa. Näiden ominaisuuksien ymmärtäminen auttaa eteenpäin sopivimman palveluntarjoajan valinnassa. Tärkeää on se, että osaa valita omalle käytölleen tärkeimmät ominaisuudet ja käyttää näitä apuna palveluntarjoajan valinnassa. Väärillä kriteereillä valittu palveluntarjoaja ei välttämättä täytä vaadittuja tarpeita ja tästä voi aiheutua suurta haittaa tuotteen kehityksessä.

Kun yhdistetään pilvipalveluntarjoajien ilmaisversioiden tarjonta sekä palveluntarjoajien palveluiden laadun arviointi, saadaan jo kohtuullinen kokonaiskuva mihin käyttötarkoitukseen mikäkin tutkielmassa olevasta kolmesta palveluntarjoajasta voisi soveltua. Parhaimmassa tapauksessa löytyy palveluntarjoaja, joka tarjoaa muihin verrattuna eniten käyttöaikaa halutulle palvelulle ja jonka tarjoama palvelu on kehittyneempää tai tehokkaampaa kuin kilpailijoiden vastaavat palvelut.

Palveluntarjoajien ilmaisversiot ovat hyvä tapa aloittaa oma pilvipalveluiden käyttö, sillä niitä voi käyttää matalalla kynnyksellä ilman huolta kustannuksista. Koska tutkielmassa on valittu palveluista vain ne, joita voi käyttää vähintään 12 kk, voi kokemattomampikin pilvipalveluista kiinnostunut henkilö opetella ja kokeilla palveluita rauhassa, ilman painetta kiireellisestä aikarajasta.

Ilmaisversioiden yksi vahvuus on se, että ne mahdollistavat helpon ja halvan keinon testata ja kehittää tuotteita, joita voi parhaimmillaan käyttää ilmaiseksi jopa pysyvästi. Vertailussa olleista pilvipalveluntarjoajista kaikki kolme tarjoavat myös merkittävän määrän tästä tutkimuksesta pois karsittuja, lyhyitä koejaksoja joistain palveluistaan. Vaikka henkilökohtaisesti en näe kovin hyödylliseksi palveluita, joita voi käyttää ilmaiseksi vain muutamana viikon tai kuukauden ajan, jollekin muulle tämä lyhytkin aika voi olla riittävä palvelun testaamiseen.

Ilmaisversioiden heikkous on se, että ne voivat muuttua milloin tahansa. Tämä voi aiheuttaa mahdollisen tilanteen, että palvelu muuttuu maksulliseksi käytön aikana,

vaikka ilmaista käyttöaikaa pitikin olla vielä jäljellä. Tämä voi mahdollistaa toisaalta myös sen, että ilmaisversioihin tulee uusi palvelu mitä ei vielä ollut ilmaiseksi käytettävissä. Tämä on myös melko todennäköistä, sillä pilvipalvelut muuttuvat jatkuvasti.

Tutkielmassa olisi ollut mielenkiintoista syventyä enemmän varsinaiseen pilvipalveluntarjoajan valintaan. Osa tutkielmassa käytetyistä lähteistä käsittelikin palveluntarjoajien valinnassa käytettäviä työkaluja. Näitä työkaluja, jotka pisteyttävät pilvipalveluntarjoajia erilaisten valittujen kriteereiden mukaan löytyi useita erilaisia, eikä valinta ole siis kovin yksinkertaista. Palveluntarjoajan valinta ja useamman työkalun vertailu sekä oman kehittämisen esimerkiksi parhaaksi todettujen yhdistelmästä voisi olla jopa diplomityön laajuinen jatkotutkimus.

Haaste ilmaisversioiden ja pilvipalveluntarjoajien vertailussa on se, että vertailu ei välttämättä tarjoa lopullista täydellistä vastausta joka tilanteessa. Osa palveluista voi olla erilaisia mutta lähes identtisiä, jolloin on vaikea sanoa kumpi palveluntarjoaja olisi parempireiltään parempi. Tämän lisäksi, jos esimerkiksi suunniteltu tuote olisi kovin laaja ja tarvitsee useita samanarvoisia erilaisia pilvipalveluita, ei välttämättä voida nimetä yhtä selvästi parasta palveluntarjoajaa. On epätodennäköistä, että tarkastelun lopputuloksena löytyisi palveluntarjoaja, joka tarjoaisi laadultaan parasta palvelua jokaisesta mahdollisesti tarvittavasta palvelusta.

Toinen merkittävä haaste pilvipalveluntarjoajien vertailussa ja valinnassa on palveluiden jatkuva ja nopea kehittyminen. Kun tämä tutkielma tulee julkisesti saataville, on jo mahdollista, että palveluntarjoajan jokin tuote on kehittynyt olemaan parempi kuin kilpailijansa, eikä asiasta ole vielä ehditty tekemään tarpeeksi laajaa tutkimusta.

5. YHTEENVETO

Lähes jokaisella ilmaisversion osa-alueella mitä tässä tutkielmassa on vertailtu AWS on hyvin vahvoilla, sen tarjotessa laajasti palveluita suurilla käyttömäärillä. Myös palvelun laatu on todettu korkeaksi ja AWS saakin kehuja ollessaan markkinoilla pisimpään ollut ja suurimman markkinaosuuden omaava pilvipalveluntarjoaja. Moni AWSn ilmaisversion palveluista on kuitenkin rajattu 12kk kestoiseen kokeilujaksoon. Tässä ajassa kuitenkin palveluista saa varmasti jo melko hyvän tuntemuksen. Näin ollen, jos haluaa kokeilla monenlaisia erilaisia palveluita eikä varsinaisesti sitoutua yhteen tiettyyn projektiin tai tuotteeseen, niin AWS on valintana melko vahvoilla.

GCP on varteenotettava vaihtoehto, jos ilmaisversioiden pääsääntöinen käyttö kohdistuisi NoSQL teknologiaan tai Kubernetes konttitekniikan käyttöön yksinkertaistetuilla asetuksilla. Valitettavasti ilmaisversioiden palvelut ovat hyvin rajattuja tai käyttö on maksullista. Tähän tarkoitukseen saa käytettäviä krediittejä, joka mahdollistaa maksullistenkin palveluiden käytön alkuvaiheessa. Näitä käytettäessä tarvitsee olla huolellinen, ettei krediittien loputtua joudu maksamaan itse palveluista, joiden käyttö oli tarkoitus keskeyttää ilmaisen testin loputtua.

Microsoftin Azure tarjoaa merkittävää etua käytettäessä Microsoftin muita palveluita ohjelmistokehityksessä, tai kun tuote on eksklusiivisesti Windows ympäristössä. Azurella on kilpailuetua myös tilanteessa, jossa siirretään olemassa-olevia palveluita pilveen. Ilmaisversioiden palvelut ovat kohtuullisen laajoja, mutta näitä palveluita tarjotaan kokonaiskäyttömäärillä rajoitettuna, eikä kuukausittaisilla käyttöasteilla. Näin ollen huonossa tapauksessa kaikki käyttötunnit käytetään nopeasti loppuun, eikä lisää käyttötunteja ole saatavilla enää ensi kuussa, toisin kuin monessa AWSn palvelussa.

Kaiken kaikkiaan jokaiselle pilvipalveluntarjoajalle löytyy siis oma asiakaskuntansa. Palveluntarjoajaa valittaessa täytyy siis olla yhtä tietoinen omista tarpeista, sekä palveluntarjoajien eroista tuotetta kehittäessä. Koska palveluntarjoajan valinta on melko sitova oman osaamisen ja tuotteiden ylläpidon ja kehityksen suhteen, kannattaa tähän käyttää tarvittava määrä aikaa ja muita resursseja.

LÄHTEET

Al-Said Ahmad, A., & Andras, P. (2019). Scalability analysis comparisons of cloud-based software services. *Journal of Cloud Computing : Advances, Systems and Applications*, 8(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s13677-019-0134-y>

Amazon (2024a). Amazon Elastic File System (EFS). Saatavissa: <https://aws.amazon.com/efs/faq/> [Viitattu 16.12.2024]

Amazon (2024b). AWS Free Tier. Saatavissa: <https://aws.amazon.com/free/> [Viitattu 08.10.2024]

Amazon (2024c). Push Notification Service. Saatavilla: <https://aws.amazon.com/sns/> [Viitattu 16.12.2024]

Amazon (2024c). Customers. Saatavilla: <https://aws.amazon.com/media/customers/> [Viitattu 12.10.2024]

Baran, J., & Przyłucki, S. (2022). Comparison of the offer of selected cloud service providers from the point of view of implementing IT projects based on open code. *Journal of Computer Sciences Institute*, 24, 236–241. <https://doi.org/10.35784/jcsi.2995>

Calderoni, L., Maio, D., & Tullini, L. (2022). Benchmarking Cloud Providers on Serverless IoT Back-End Infrastructures. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(16), 15255–15269. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3147860>

Deshmukh, Dr. R. K. (2018). COMPARATIVE STUDY BETWEEN EXISTING CLOUD SERVICE PROVIDERS. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9(2), 537–539. <https://doi.org/10.26483/ijarcs.v9i2.5722>

Edgedelta. (2024) How Many Companies Use Cloud Computing in 2024? [10 Statistics and Insights] Saatavilla: <https://edgedelta.com/company/blog/how-many-companies-use-cloud-computing-in-2024> [Viitattu 31.10.2024]

Google (2024a). What is Object Storage? Use cases & benefits, Google Cloud. <https://cloud.google.com/learn/what-is-object-storage> [Viitattu 16.12.2024]

Google (2024b). Free Trial and Free Tier Services and Products, Google Cloud. Saatavilla: <https://cloud.google.com/free?hl=en> [Viitattu 09.10.2024]

Grance, T., & Mell, P. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Saatavilla: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf> [Viitattu 12.10.2024]

- Hossain, M. A., Sabani, A., Lokuge, S., Boo, Y. L., Kaisar, S., & Menon, P. (2024). A Configurational Approach to CSP Selection and Rejection. *Journal of Computer Information Systems*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/08874417.2024.2386532>
- Kelly, C., Pitropakis, N., Mylonas, A., McKeown, S., & Buchanan, W. J. (2021). A comparative analysis of honeypots on different cloud platforms. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(7), 2433-. <https://doi.org/10.3390/s21072433>
- Kingsley, M. S. (2023). *Cloud Technologies and Services: Theoretical Concepts and Practical Applications (1st ed.)*. Springer International Publishing AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-33669-0>
- Microsoft (2024a). All Products. Saatavissa: <https://support.microsoft.com/en-us/all-products> [Viitattu 12.10.2024]
- Microsoft (2024b). Explore free Azure services. Saatavilla: <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/free-services> [Viitattu 09.10.2024]
- Mirghani, S., & Hajjdiab, H. (2017). Comparison between Amazon S3 and Google Cloud Drive. *Proceedings of the 2017 2nd International Conference on Communication and Information Systems*, 250–255. <https://doi.org/10.1145/3158233.3159371>
- Richter (2024). Amazon Maintains Cloud Lead as Microsoft Edges Closer. Saatavilla: <https://www.statista.com/chart/18819/worldwide-market-share-of-leading-cloud-infrastructure-service-providers/> [Viitattu 03.11.2024]
- Santhosh, S., & Ramaiah, N. S. (2023). Cloud-Based Software Development Lifecycle: A Simplified Algorithm for Cloud Service Provider Evaluation with Metric Analysis. *Big Data Mining and Analytics*, 6(2), 127–138. <https://doi.org/10.26599/BDMA.2022.9020016>
- Saraswat, M., & Tripathi, R. C. (2020). Cloud Computing: Comparison and Analysis of Cloud Service Providers-AWs, Microsoft and Google. 2020 9th International Conference System Modeling and Advancement in Research Trends (SMART), 281–285. <https://doi.org/10.1109/SMART50582.2020.9337100>
- Shareef, T. H., Shareef, K. H., & Rashid, B. N. (2022). A Survey of Comparing Different Cloud Database Performance: SQL and NoSQL. *Passer Journal of Basic and Applied Sciences (Online)*, 4(1), 45–57. <https://doi.org/10.24271/psr.2022.301247.1104>
- Truyen, E., Kratzke, N., Van Landuyt, D., Lagaisse, B., & Joosen, W. (2020). Managing Feature Compatibility in Kubernetes: Vendor Comparison and Analysis. *IEEE Access*, 8, 228420–228439. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3045768>