



# **PILVIPALVELUT**

Jyrki Heikkilä

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Tietoliikennetekniikan ja tietoverkkojen  
suuntautumisvaihtoehto  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Tietoliikennetekniikan ja tietoverkkojen koulutusohjelma

JYRKI HEIKKILÄ:  
Pilvipalvelut

Opinnäytetyö 46 sivua  
Toukokuu 2013

---

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena perehtyä pilvipalveluihin ja pilvipalveluntarjoajiin. Työssä perehdytään pilvipalveluiden toimintamalleihin ja eri pilvityyppeihin: julkiseen pilveen (public cloud), yksityiseen pilveen (private cloud) ja kahden edellisen yhdistelmään, hybridi pilveen (hybrid cloud). Työssä tutustutaan myös neljään markkinoilla oleviin pilvipalveluntarjoajiin, joista yksi on avoimeen lähdekoodiin perustava pilvipalvelu. Tarkoituksena on tutustua pilvipalveluntarjoajien tarjoamiin ominaisuuksiin ja palveluihin sekä vertailla keskenään samankaltaisia palveluita. Vertailua tehdään myös pilvipalveluiden hinnoittelun osalta. Työn tavoitteena on lisäksi tutustua pilvipalveluiden tuomiin mahdollisuuksiin varsinkin yritysten näkökulmasta. Tavoitteena on löytää ominaisuuksiltaan ja hinnoittelultaan paras vaihtoehto yrityksen pilvipalveluratkaisuksi. Tutkimuksen lähteinä käytettiin painettuja ja digitaalisia teoksia ja artikkeleita sekä vertailtavien pilvipalveluntarjoajien internet-sivuja.

Tutkimuksessa selvisi, että vertailtavat palveluntarjoajat ovat perusominaisuuksien osalta hyvin samankaltaisia. Ominaisuuksiltaan Amazon Web Services tarjoaa laajimman valikoiman palveluita ja ominaisuuksia. Virtualisointipalveluiden osalta edullisimpia ovat Amazon Web Services ja Microsoft Windows Azure -pilvipalvelut. Pilvipalvelut ovat varteenotettava vaihtoehto perinteisille IT-ratkaisuille, varsinkin pienemmille yrityksille. Pilvipalveluihin siirtymisellä voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä mitattuna niin rahallisesti kuin tehokkuudellisesti.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Information Technology  
Option of Telecommunications and Networks

JYRKI HEIKKILÄ:  
Cloud Computing

Bachelor's thesis 46 pages  
May 2013

---

The purpose of this Bachelor's thesis is to explore cloud computing and cloud computing providers. This thesis introduces different kinds of cloud computing delivery models and cloud deployment models including public cloud, private cloud and hybrid cloud. This work also explores four cloud computing providers one of which is based on an open source project. The purpose is to focus on what kind of services and products these providers offer and to compare similar products of the providers. Also the pricing of the products is compared. Researching is made considering the needs of companies that are considering the use of cloud services. The object is to find the best alternative for a cloud computing provider taking into consideration its pricing and products. Printed books and digital articles were used as a source material in this work. Also web pages of the cloud computing providers were used as a source material.

Research found that compared cloud computing service providers are very similar when comparing basic features of the products. Amazon Web Services has the most comprehensive offering of products and services. The cheapest are Amazon Web Services and Microsoft Windows Azure when considering virtualization services. Cloud computing services are reckoned alternative for traditional IT-solutions especially for smaller companies. When switching to use cloud computing services it is possible to make savings in both financially and efficiency.

---

Key words: cloud computing, cloud computing service providers, SaaS, PaaS, IaaS

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät.....	7
2	Pilvipalveluiden synty.....	8
2.1	Osituskäyttö.....	8
2.2	Transaktioiden hallintajärjestelmät.....	9
2.3	Hajautettu laskenta.....	9
3	Pilvipalveluiden määrittely.....	10
3.1	Elastinen provisointi.....	10
3.2	Palveluiden tuottaminen asiakkaille samasta ympäristöstä.....	10
3.3	Hinnan määräytyminen käytön mukaan.....	11
3.4	Pilvipalvelut ovat käyttöpaikasta ja laitteesta riippumattomia.....	11
3.5	Pilvipalveluiden mittaaminen.....	11
4	Pilvipalveluiden toimintamallit.....	12
4.1	Pilvipalveluiden luokittelu.....	13
4.1.1	Platform as a Service.....	14
4.1.2	Infrastructure as a Service.....	15
4.1.3	Software as a Service.....	15
4.2	Pilvityypit.....	17
4.2.1	Julkinen pilvi.....	17
4.2.2	Yksityinen pilvi.....	17
4.2.3	Hybridi pilvi.....	18
5	PILVIPALVELU TARJOAJIEN VERTAILUA.....	19
5.1	Amazon Web Services.....	19
5.1.1	Elastic Compute Cloud.....	20
5.1.2	Elastic Block Store.....	22
5.1.3	Simple Storage Service.....	23
5.1.4	Amamzon CloudWatch.....	24
5.2	Microsoft Azure.....	25
5.2.1	Azure Virtual Machines.....	26
5.2.2	Azure Data Management.....	28
5.3	Google Cloud Platform.....	30
5.3.1	Google Compute Engine.....	30
5.3.2	Google Cloud Storage.....	32
5.3.3	Google App Engine.....	32
5.4	Openstack.....	33
5.4.1	Openstack Compute.....	33

5.4.2 Openstack Storage.....	34
5.4.3 Openstack Dashboard.....	35
5.4.4 Openstackin käyttäminen HP:n pilvipalveluiden kautta .....	35
6 VERTAILU JA POHDINTA .....	38
6.1 Palveluiden hinnoittelu .....	40
7 YHTEENVETO .....	42
LÄHTEET.....	44

**LYHENTEET JA TERMIT**

IaaS	Infrastructure as a Service, tietotekniikan infrastruktuuri palveluna.
PaaS	Platform as a Service, kehitysalusta palveluna.
SaaS	Software as a Service, sovellus palveluna.
Transaktio	Transaktio on prosessi, joka muodostuu hakujen ja tallennusten sarjoista. Virheen tapahtuessa koko tapahtumasarja peruutetaan. Transaktiot ovat osa toimivaa tietokantaprosessia.
Instanssi	Virtuaalinen palvelin.
Hypervisor	Ohjelmisto, jota ajetaan isäntäkoneessa ja joka toimii isäntäkoneen ja virtuaalisen palvelimen välillä.
API	Application programming interface, ohjelmointirajapinta, jonka avulla ohjelmat voivat kommunikoida keskenään.
Virtualisointi	Toteutustapa, jolla tehdään virtuaalinen versio esimerkiksi laitteistosta tai sovelluksesta
SLA	Service Level Agreement, palvelutasosopimus.
SQL	Structured Query Language, Standardoitu kyselykieli.

## 1 JOHDANTO

Pilvipalvelut on toimintamalli, jossa palveluita ostetaan ja tuotetaan jaetuista varannoista. Kaikki ”pilvessä” tapahtuva laskenta ja fyysinen infrastruktuuri ovat pilvipalveluiden käyttäjiltä piilossa. Pilvipalveluista voidaan hankkia sovelluksia, virtuaalisia servereitä, tallennustilaa sekä muita palvelusuoritteita.

Erona perinteiseen toimintamalliin, jossa tilatun palvelun maksu suoritetaan yleensä kertaluonteisesti, pilvipalveluissa käyttäjä maksaa tilaamista palveluista käyttömäärän mukaan. Tunnusomaisena piirteenä pilvipalveluille on, että tarjotut palvelut ovat helposti muokattavissa käyttäjän tarpeiden mukaisesti. Valinnanvaraa on siis paljon niin palveluissa kuin niitä tarjoavissa yrityksissäkin. Pilvipalvelut ovat viime vuosien aikana tulleet suosituiksi yrityksille oman keskitetyn IT-hallinnon ylläpitämisen sijaan. Merkittävin syy IT-alan murrokselle on pilvipalveluiden edullisuus verrattuna oman suuren IT-yksikön tai konesalin omistamisen sijaan. Siinä missä kustannuksia menee säännöllisesti IT-kaluston uusintaan, palkkoihin tai konesalin sähkölaskuihin, pilvipalvelut tarjoavat aina viimeisintä tekniikkaa edulliseen hintaan ja joiden ylläpitämisen vastuu ei ole niitä tilaavilla yrityksillä. Pilvipalveluiden käytön aloittaminen on nopeaa ja helppoa ja palvelun voi lopettaa kun sitä ei enää tarvitse.

### 1.1 Työn tavoite ja tutkimusmenetelmät

Työni tavoitteena on perehtyä pilvipalveluihin, niiden ominaisuuksiin ja toimintamalleihin. Tavoitteena on myös tutustua ja vertailla neljää markkinoilla olevaa pilvipalveluita tuottavia yrityksiä. Pilvipalveluntarjoajien vertailussa on keskitytty yrityksen tarjoamiin keskeisiin palveluihin ja pyritty vertailemaan keskenään samankaltaisia palveluita. Vertailussa on otettu huomioon myös yritysten hinnoittelu pilvipalveluilleen. Tämä opinnäytetyö käsittelee aihetta ensisijaisesti yritysten näkökulmasta, jotka harkitsevat pilvipalveluihin siirtymistä joko osittain tai kokonaan.

Aiheen tutkiminen suoritettiin perehtymällä alan keskeisiin kirjallisiin teoksiin ja internet-lähteisiin. Lisäksi keskeisenä osana tutkimusta olivat yritysten omat kotisivut ja kehittäjille tarkoitettut sivustot.

## 2 Pilvipalveluiden synty

Pilvipalvelut voidaan nähdä jatkeena perinteiselle tietojenkäsittelylle. Pilvipalvelut laajentavat perinteistä internet-palveluntarjoaja-mallia (ISP, internet service provider). Internetin alkuaikoina (ISP 1.0) yhteydet muodostettiin käyttämällä analogista modeemia ja internetin käyttömäärät olivat vähäiset. Internetin käytön yleistyessä ja käyttäjämäärän kasvaessa, uusia palveluita kehitettiin ja näin syntyi myös yrityksiä jotka ylläpitivät serverisaleja ja hoitivat niiden infrastruktuuria sekä ohjelmia joita niissä ajettiin. ISP-mallin yhä kehittyessä syntyi yrityksiä, jotka alkoivat tarjota sovelluksia ja ohjelmistoja palveluina. Palveluntarjoajat (application service providers, ASPs) tarjosivat räätälöityjä ohjelmistoja yrityksille, joita he yleensä itse hallinnoivat ja tarjosivat myös tarvittavan infrastruktuurin. Perinteisessä toimintamallissa palvelut tarjotaan asiakkaille niin, että asiakkaalla on oma kopio kyseisestä ohjelmasta, jota ajetaan asiakkaan omalta palvelimelta. SaaS-mallissa taas SaaS-palveluntarjoaja toimittaa palvelun jaetun infrastruktuurin periaatteella, eli asiakas ei saa ohjelmastaan omaa kopiota, vaan sovellus tarjotaan jakamalla sovellus muiden asiakkaiden kanssa yhteisiltä palvelimilta. (Mather, Kumaraswamy & Latif 2010, 3.)

### 2.1 Osituskäyttö

Pilvipalvelun idea ei ole ajatuksena uusi vaan pilvipalveluiden historia juontaa juurensa 60-luvulle. Tuolloin Douglas Parkhill teoksessaan ”Challenge of the Computer Utility” (1966) uskoi, että tulevaisuudessa tietoteknisiä resursseja voisi kuka vain ostaa tarvitsemansa määrän ja laadun mukaan, aivan kuten ihmiset käyttävät sähköverkkoa: kukin maksaa sähköstään vain sen verran, kuinka paljon hän käyttää sitä kotitaloudessaan. Tämä onkin yksi keskeisistä tavoista määrittää pilvipalvelu: käyttäjä maksaa vain käyttämistään resursseista. (Heino 2010, 33.)

Osituskäyttö-järjestelmät (time-sharing systems) olivat ensimmäisiä tietokoneita, jotka mahdollistivat jaettujen tietokoneressurssien käyttämisen tietoliikenneyhteyden takaa usean käyttäjän kesken. Ennen osituskäyttö-järjestelmiä ohjelmoijat käyttivät ohjelmoimiseen reikäkorttia tai nauhaa, reikäkortti tai nauha syötettiin tietokoneelle ja sen jälkeen tietokone käsitteli kortit synkronisesti yksi kerrallaan. Tämä oli

luonnollisesti erittäin hidas operaatio eikä koneen tehoista saatu kaikkea hyötykäyttöön. (Krishnan 2010, 2.)

Osituskäyttö-järjestelmä käytti hyödykseen aikaa, jolloin tietokone odotti I/O-käskyä ja jakoi tämän ajan lohkoihin joita käyttäjät voivat käyttää. Koska tietokone joutuu käsittelemään useita käyttäjiä samaan aikaan, järjestelmältä vaadittiin, että se pystyy ylläpitämään käyttäjien ja ohjelmien tilan ja vaihtamaan nopeasti niiden välillä. (Krishnan 2010, 2.)

## **2.2 Transaktioiden hallintajärjestelmät**

Transaktioiden hallintajärjestelmät (Transactional Computing Systems) ovat pohjana monille nykypäivän tietokoneille ja moderneille pilvipalveluille. Järjestelmä pilkkoo prosessin pienemmiksi, yksilöllisiksi operaatioiksi. Transaktiot ovat olennainen osa nykyaikaisia tietokantajärjestelmiä. (Krishnan 2010, 4.)

Transaktioiden hallintajärjestelmien historia on sidoksissa tietokantajärjestelmien kehityksen kanssa. Tietokantojen tutkimus ja kehitystyö oli vilkkainta 60-, 70-, ja 80-luvuilla. 60-luvun lopulla tietokantajärjestelmien tekniikka yleistyi ja tuli kaikkien saataville. Ensimmäisiä transaktioiden hallintajärjestelmiä oli IBM:n Information Management System (IMS). (Krishnan 2010, 4.)

## **2.3 Hajautettu laskenta**

Hajautettu laskenta (Grid Computing) on toimintaperiaatteiltaan pilvipalveluiden kaltainen. Hajautettu laskenta toimii kuin eräänlainen sähköverkko. Verkko muodostuu monista hajallaan olevista tietokoneista, muodostaen näin suuren, paljon laskentatehoa omaavan kokonaisuuden, eräänlaisen supertietokoneen. Tunnetuin hajautettua laskentaa hyödyntävä palvelu on vapaaehtoisten voimin ylläpidettävä SETI@HOME, joka on SSL:n (Spice Sciences Laboratory) kehittämä ohjelma maan ulkopuolisen älyllisen elämän etsimiseen. Ohjelmiston käyttäjälle lähetetään radioteleskoopin nauhoittamaa dataa jonka käyttäjän tietokone analysoi. Ohjelma etsii taustakohinasta erottuvia signaaleja, jotka voivat viitata älylliseen elämään. (Krishnan 2010, 5.)

### **3 Pilvipalveluiden määrittely**

Englanninkielinen sana cloud computing kääntyy suoraan pilvitietojenkäsittelyksi tai pilvilaskennaksi. Tässä työssä käytetään pilvipalvelut-sanaa kuvaamaan yleisesti ”pilvestä” saatavia palveluita. Myös pilvilaskenta termiä käytetään.

Yksinkertaistetusti pilvipalvelut ovat internetin välityksellä hankittua tietokonekapasiteettia, sovelluksia tai muita palveluita. Pilvipalvelut ovat luonteeltaan hyvinkin erilaisia verrattuna perinteisiin tietojärjestelmäpalveluihin. Yksi merkittävimmistä ominaisuuksista on palveluiden hankkimisen helppous. Käyttäjän ei tarvitse sopia pitkiä tilausjaksoja palveluilleen, vaan pilvipalveluiden tilaus on kertaluontoinen ja käyttäjä maksaa vain käyttämästään ajasta ja sopimus on helppo purkaa tarvittaessa. Tekniseltä kannalta pilvipalvelu voidaan määrittää useiden tekijöiden kautta. (Heino 2010, 32.)

#### **3.1 Elastinen provisointi**

Yhtenä pilvipalveluiden ominaisuutena pidetään sitä, että palveluita pystytään tilaamaan käyttötarpeen mukaan, helposti ja nopeasti. Pilvi mahdollistaa käyttäjän tietoteknisten resurssien välittömän kasvattamisen kuin myös niiden vapauttamisen. Elastisella provisoinnilla tarkoitetaan uusien käyttäjien vaivatonta liittämistä ja uusien palveluiden tarjoamista asiakkaille ja palveluiden käytön lopettamista joustavasti tai automaattisesti. (Heino 2010, 40)

#### **3.2 Palveluiden tuottaminen asiakkaille samasta ympäristöstä**

Perinteisessä mallissa ohjelmisto asennetaan työntekijän tietokoneelle. Pilvipalvelumallissa ei enää ole tarvetta omistaa ohjelmistolisenssejä jokaista yrityksen työntekijää kohden eikä omistaa viimeisimpiä laitteistoja. Multitenant-ympäristössä käytettävät resurssit jaetaan käyttäjien kesken, toisin sanoen useat käyttäjät käyttävät samoja resursseja joita ajetaan yhteisiltä servereiltä. (Heino 2010, 42.)

### **3.3 Hinnan määräytyminen käytön mukaan**

Keskeistä pilvipalveluissa on se, että käyttäjä maksaa palveluntarjoajalle vain käyttämästään kapasiteetista eikä asiakas joudu maksamaan erillistä käytön aloitusmaksua. Pilvipalvelut voidaan esimerkiksi hinnoitella käytetyn tuntimäärän mukaan jonka hinta voi määräytyä siitä, kuinka paljon laskentatehoa asiakas haluaa käyttöönsä. Samankaltainen hinnoittelu on esimerkiksi käytössä myös ostettaessa tallennuskapasiteettia.

### **3.4 Pilvipalvelut ovat käyttöpaikasta ja laitteesta riippumattomia**

Pilvitoimintamallissa asiakkaille tarjotut resurssit ovat palveluntarjoajien tiloissa, yrityksen omistamissa tietokonesaleissa. Asiakkaan pääsy palveluntarjoajan resursseihin vaatii luonnollisesti toimivat ja luotettavat tietoliikenneyhteydet. Keskeistä onkin se, että asiakas pääsee omiin resursseihinsa paikasta riippumatta. Asiakkaalla on täten mahdollisuus päästä resursseihinsa usealla eri päätelaitteella. Esimerkiksi Google Drive -palvelu mahdollistaa tietojen reaaliaikaisen tallennuksen pilveen joihin asiakkaalla on pääsy millä tahansa verkkoselaimen omaavalla laitteella. (Heino 2010, 45.)

### **3.5 Pilvipalveluiden mittaaminen**

Pilvipalveluiden käyttöasteesta ja resursseista saadaan tarvittaessa statistiikkaa joka on hyödyllistä niin asiakkaalle kuin palveluntarjoajalle. Mitattavia suureita ovat esimerkiksi palvelimien tallennuskapasiteetti, suorittimen ja keskusmuistin tilan seuranta sekä tietoliikenteen seuranta. Mittaustuloksia voidaan käyttää esimerkiksi palveluiden kehittämiseen ja hallintaan. National Institute of Standards and Technologyn mukaan pilvipalveluiden automatiikkaa voitaisiin parantaa ja kehittää saatujen mittaustulosten pohjalta. Automatiikan avulla voitaisiin tällöin välttyä vikatilanteilta. (Heino 2010, 48.)

#### 4 Pilvipalveluiden toimintamallit

Nykypäivänä pilvipalveluita hyödyntäviä laitteita on paljon ja yhteyden muodostaminen palveluun voi tapahtua usealla eri laitteella. Perinteiset tietokoneet, niin kotona kuin yrityksissäkin, älypuhelimet, televisiot ja monet muut elektroniset laitteet ovat verkottuneita. Älypuhelinien suosio on kasvattanut tarvetta pilvipalvelinten käyttämiselle ja kehittämiseksi. Esimerkiksi Applen Iphonen suosio ja sen sovelluskauppa Appstore heijastaa pilvipalveluiden kehittymistä ja käytön helppoutta. Pilvipalveluiden toiminta on tässä tapauksessa käyttäjälle näkymätöntä. (Mather ym. 2010, 12.)

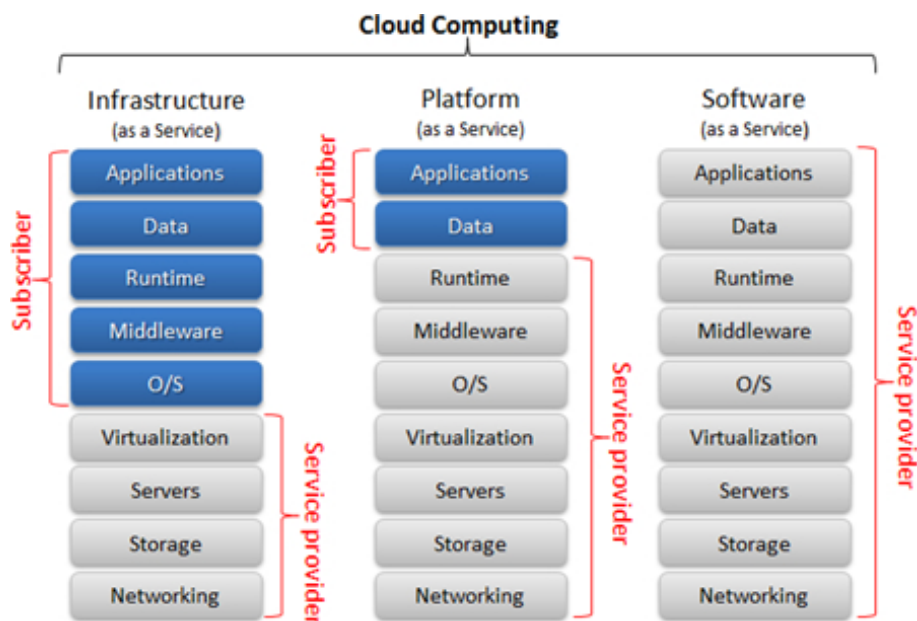
Pilvipalveluiden käyttäminen ei vaadi käyttäjältä välttämättä minkäänlaista ohjelmistoa. Yhteyden muodostaminen palveluun tapahtuu usein käyttämällä verkkoselainta jolle palvelun tarjoaja on suunnitellut ohjelmistonsa käyttöliittymän. Tämä on käyttäjälle yksinkertaisin ja joustavin tapa eikä erilliselle, koneelle tallennettavalle asiakaspohjaiselle ohjelmistolle ole välttämättä tarvetta. (Mather ym. 2010, 13.)

Suurin merkittävä tekninen vaatimus pilvipalvelutoimintamallille on luotettavat ja nopeat verkkoyhteydet. Laajakaistayhteyksien kehittyminen ja laaja levinneisyys takaa hyvän toimintaympäristön palvelutarjoajille. Myös laajalle levinneet langattomat internet-yhteydet ja WIFI-yhteyden yleistymisen suurilla kaupunkialueilla, tarjoavat kannettaville laitteille pääsyn verkkoon melkein missä vain ajankohdasta riippumatta. (Mather ym. 2010, 13.)

Pilvipalveluiden tuottaminen ja ylläpito vaativat paljon teknistä kapasiteettia. Fyysisesti pilvipalveluita tuotetaan palveluntarjoajien ylläpitämissä konesaleissa ja serverifarmeissa. Konesalit voivat sijaita eripuolella maailmaa luonnollisesti verkottuneita keskenään. Käyttäjän kannalta valitaan maantieteellisesti paras sijainti kun tuotetaan pilvipalveluita. Suuren serverikapasiteetin ansiosta konesalit ovat mukautuvia käyttäjien tarpeisiin ja mahdollisiin käyttäjämäärän kasvupiikkeihin. (Mather ym. 2010, 13.)

#### 4.1 Pilvipalveluiden luokittelu

Perinteinen ohjelmistomalli perustuu malliin, jossa tarvittavasta ohjelmistosta joudutaan maksamaan kalliita vuosittaisia lisenssi- ja käyttömaksuja ohjelmiston tarjoajalle. Perinteisessä mallissa yritys myös omistaa itse huomattavan määrän laitteistoa, servereitä, kytkimiä ja ajan tasalla olevia työntekijöidensä tietokoneita. Suurimmilla yrityksillä onkin omat konesalinsa jolla pystytään tarjoamaan tarvittava tallennus- ja serverikapasiteetti. Tästä johtuen yrityksen IT-osaston käyttökustannukset ovatkin huomattavia. Käyttökustannuksiin lasketaan mukaan myös laitteiston huolto- ja tukikustannukset sekä huolehtiminen tietoturvasta. Konesalien energiankulutus on myös huomattava menoerä. Säästöjen hakeminen onkin yksi syy palveluiden ja ohjelmistojen tilaamiseen pilvipalveluista. Pilvipalvelut jaetaan kolmeen päätyyppiin niiden toteutustavan perusteella: Platform as a Service (PaaS), Infrastructure as a Service (IaaS) ja Software as a Service (SaaS). (Mather ym. 2010, 17.) Kuvassa 1 on esitelty pilvipalvelun toimintamallit.



Kuva 1. Pilvipalvelun toimintamallit (Yung Chou on Hybrid Cloud 2010).

Kuvassa 1 on esitelty kuinka palvelun tilaajan ja palvelun tuottajan vastuut palvelun toteuttamisessa jakautuvat. Tilaajan (subscriber) vastuu on merkittynä sinisellä ja tuottajan (provider) harmaalla. Luokittelun avulla pilvipalvelusta selviää, minkälaisia palveluita niistä saadaan, sekä kuinka liittyminen palvelukoneistoon tapahtuu. Pilvipalvelu-mallista puhuttaessa puhutaan yleisesti myös SPI-mallista. SPI on

akronyymi kolmelle pilvipalveluiden perustyyppille: SaaS-, PaaS-, ja IaaS-tyypeille. (Heino 2010, 50; Mather ym. 2010, 11).

#### **4.1.1 Platform as a Service**

PaaS-mallissa palveluntarjoaja tarjoaa kehitysympäristön sovellusten kehittäjille, jotka kehittävät ja tarjoavat sovelluksia palveluntarjoajan kehitysympäristön kautta. Palveluntarjoaja yleensä tarjoaa työkalut ja kehitysstandardit ja sovellusten levitys- ja maksukanavat. Tällä periaatteella palveluntarjoaja saa maksun tarjoamastaan kehitysympäristöstä sekä valmiiksi hoidetuista maksupalveluista ja jakelukanavista. (Mather ym. 2010, 19–20.)

PaaS-malli eroaa SaaS-mallista siinä, että koko kehitysympäristö tarjotaan palveluna, eikä vain valmista ohjelmistoa. Asiakas käyttää palveluntarjoajalta saatuja kehitysympäristöön kuuluvia rakennuselementtejä, nk. lohkoja (engl. blocks) jotka koostuvat esimääritellystä koodista. Näiden avulla asiakas voi rakentaa omia sovelluksia itselleen tai myytäväksi edelleen omille asiakkailleen. (Mather ym. 2010, 19–20.)

PaaS-mallin ratkaisut ovat kehitysalustoja, joissa itse kehitystyökaluja ylläpidetään pilvessä ja joita voidaan käyttää verkkoselaimen kautta. PaaS-mallin suurin etu on se, että kehittäjät voivat tehdä web-sovelluksia asentamatta ylimääräisiä ohjelmistoja koneelle. Verrattuna perinteiseen malliin, missä yritys omistaa itse kaikki tarvittavat kehitysohjelmistot ja laitteistot, PaaS-mallin käyttäminen on tehokasta varsinkin yksityisille kehittäjille sekä pienemmille yrityksille, jotka kehittävät web-pohjaisia sovelluksia tarvitsematta huolehtia omien serverien pystyttämisestä, ylläpidosta tai käyttökustannuksista. Suurimpia hyötyjä PaaS-mallin käyttämisessä on, että keskittymällä pelkästään sovelluskehitykseen saadaan lisättyä työntekijöiden määrää, jotka voivat keskittyä pelkästään sovelluskehitykseen, ylläpitoon tai käyttämään kehittämiään web-sovelluksia. (Mather ym. 2010, 19–20.)

### 4.1.2 Infrastructure as a Service

IaaS-tyyppisessä pilvipalvelussa palveluntarjoaja tarjoaa asiakkaille kokonaisvaltaisen infrastruktuurin asiakkaan omien ohjelmistojen käyttöön. Toisin sanoen palveluntarjoaja ylläpitää suurta virtuaalista konesalia tai konesaleja, joista asiakas saa käyttöön oman lohkonsa eli tarvitsemansa infrastruktuurin. Asiakkaan oma lohko on näin ollen asiakkaan vapaassa käytössä ja asiakas voi asentaa lohkoonsa tarvitsemansa käyttöjärjestelmän, jonka päälle taas muita ohjelmistoja. (Mather ym. 2010, 22.)

IaaS-pilvipalvelusta voidaan hankkia esimerkiksi niin primääristä kuin sekundääristä tallennuskapasiteettiä varmuuskopiointi mahdollisuuksineen, virtuaalikoneita ja laskentatehoa kuin virtuaaliverkkojakin. Tunnusomaisia piirteitä IaaS-palveluille on palvelun skaalautuvuus asiakkaan tarpeiden mukaan, kuten esimerkiksi laskentaresurssien, keskusmuistin ja tallennustilan kasvattaminen tarvittaessa. Palvelun luonteeseen kuuluu myös se, että käyttäjä maksaa palvelusta vain sen verran mitä hän sitä käyttää. Käyttäjän ei tarvitse sitoutua pitkäaikaiseen sopimukseen tarjoajan kanssa. IaaS-malli tarjoaa asiakkaille viimeisintä teknologiaa edullisin käyttökustannuksin. (Mather ym. 2010, 22.)

### 4.1.3 Software as a Service

Perinteisen mallin mukaan tietokoneohjelmisto ensin ostetaan, jonka jälkeen se asennetaan koneelle. Käyttäjän vastuulla on myös ohjelmiston yhteensopivuus oman tietokonekokoelman kanssa, huolehtiminen ohjelmiston päivittämisestä sekä vastuu lisenssisopimusten noudattamisesta. (Mather ym. 2010, 18.)

SaaS-mallissa asiakas ei osta ohjelmaa vaan vuokraa ohjelman omaan käyttöönsä. Asiakas voi joko tehdä kertaluontoisen tilauksen tai valita maksavansa vain ohjelmiston käytöstä kuluneen ajan verran. (Mather ym. 2010, 18.)

SaaS-mallin käytöstä saavutettuja etuja:

- SaaS-malli mahdollistaa ohjelmistojen ylläpidon ja hallinnoinnin ulkoistamisen kolmannelle osapuolelle, ts. ohjelmiston myyjälle tai SaaS-palveluntarjoajalle.

Palveluiden ulkoistamisella ei tarvitse huolehtia ohjelmistojen lisenssimaksuista, servereistä, infrastruktuurista tai henkilöstöstä, joka vaadittaisiin sovellusten ylläpitoon. (Mather ym. 2010, 18.)

- Palveluntuottajat pystyvät hallitsemaan ja tarvittaessa rajoittamaan tarjoamansa ohjelmiston käyttöä. SaaS-malli helpottaa ohjelmiston eri johdannaisversioiden hallinnointia eikä käyttäjä pysty kopioimaan tai jakamaan käyttämäänsä ohjelmistoa. Keskitetyn hallinnan ansiosta ohjelmistoa ei myöskään tarvitse ladata erikseen jokaiselle yrityksen tietokoneelle vaan tarjoaja pystyy tuottamaan palvelua tasaisena virtana usealle yritykselle ja käyttäjälle. (Mather ym. 2010, 18.)
- Sovellukset toimitetaan ns. one-to-many periaatteella, jossa internetiä käytetään infrastruktuurina. Käyttäjä pääsee käyttämään sovellusta verkkoselaimen välityksellä jolla sovelluksen käyttöliittymän on toteutettu. Jossakin tapauksissa tarjoaja tarjoaa omaa käyttöliittymää sovelluksille. Omalla käyttöliittymällä pystytään hyödyntämään sovelluksen yksilöllisiä ominaisuuksia paremmin. (Mather ym. 2010, 18.)
- Tyypillinen SaaS-sovellus käyttää internet yhteyttä infrastruktuurinaan eikä vaadi käyttäjältä tehokasta laitteistoa, vaan pääsy internetiin riittää. Tarjoaja huolehtii ohjelmiston vaatimasta rasiuksesta tietokoneelle omissa konesaleissaan. (Mather ym. 2010, 18.)

Suurimpana rakenteellisenä erona perinteiseen ohjelmistomalliin on se, että SaaS-mallissa yhdellä sovelluksella tavoitetaan useampi käyttäjä. Perinteisessä mallissa sovellusta käyttää vain yksi asiakas omalla koneellaan tai serverillään, jossa ajetaan vain tiettyä sovellusta asiakkaan tietylle käyttäjäryhmälle, esimerkiksi jonkin yrityksen henkilökunnalle. SaaS-mallissa fyysinen laitteistoinfrastruktuuri on jaettu monien muiden käyttäjien kanssa mutta on loogisesti yksilöllinen jokaiselle asiakkaalle. (Mather ym. 2010, 18–19.)

## 4.2 Pilvityypit

Pilvipalveluita on kolmea päätyyppiä: julkinen pilvi (public cloud), yksityinen pilvi (private cloud) ja hybridi pilvi (hybrid cloud). Lisäksi on vielä yhteisöllinen pilvi (commute cloud), joka on laajennettu versio yksityisestä pilvestä. (Heino 2010, 50.)

### 4.2.1 Julkinen pilvi

Julkisesta pilvestä puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti palveluita joita käytetään internetyhteyden kautta ja joita palvelun tarjoaja tuottaa omista palvelukoneistoistaan. Palvelut ovat käytettävissä myös yksityisille käyttäjille. Palvelun tarjoaja vastaa kaikista laitteiston ylläpitokustannuksista, mitkä sijaitsevat pilvipalveluntarjoajan pilvikoneistossa. (Heino 2010, 54.)

### 4.2.2 Yksityinen pilvi

Yksityinen pilvi on jonkin yrityksen tai muun yhteisön oma pilvipalvelukoneisto joka on toteutettu oman LAN-lähiverkon tai muun luotetun verkon kautta. Yksityinen pilvi eroaa julkisesta pilvestä siinä, että palvelukoneistoa ei ole jaettu muiden toimijoiden kanssa. Verkko-, tietojenkäsittely- ja tallennusinfrastruktuuri on yhden toimijan vastuulla ja vastaa näin ollen kaikista oman pilvikoneistonsa ylläpitokustannuksista. (Heino 2010, 55.)

Yksityisen pilven pyörittämiseen tarvittavan laitteiston voi omistaa yritys jonka käyttöön se tulee tai palvelun voi tarjota myös muu palveluntarjoaja. Oman konesalin rakentamisen sijaan, yksityinen pilvi voidaan tilata ulkoiselta palveluntarjoajalta. Palveluntarjoaja on tällöin sitoutunut asiakkaan vaatimiin ehtoihin palvelun laadusta palvelutasosopimuksen eli SLA:n (Service Level Agreement) kautta. (Mather ym. 2010, 24.)

Yksityisen pilven voi myös jakaa myös muille käyttäjille. Tällöin yhden käyttäjän sijaan palvelua käyttää useampi käyttäjä ja tällöin pilvipalvelun kustannuksia saadaan

vähennettyä. Jaettua yksityistä pilveä kutsutaan yhteisölliseksi pilveksi. (Heino 2010, 51.)

### **4.2.3 Hybridi pilvi**

Hybridi pilvessä yhdistyvät yksityinen ja julkinen pilvi. Ideana on, että yrityksen oma yksityinen pilvi yhdistetään pilvipalvelutarjoajan pilvikoneistoon. Hybridi pilvi tarjoaa yritykselle mahdollisuuden ajaa toissijaisia ohjelmistoja ja palveluita hybridi pilvessä ja jättää arkaluontoisemmat sovellukset oman pilvipalvelun sisällä suoritettavaksi. Tällaisia voi olla esimerkiksi henkilörekisterit ja erilaiset pankkipalvelut. (Mather ym. 2010, 25)

## 5 PILVIPALVELU TARJOAJIEN VERTAILUA

Moni yritys harkitsee IT-resurssiensa siirtämistä pilveen pienempien käyttökustannuksien ja ylläpidon helppouden takia. Markkinoilla on useita pilvipalveluiden tarjoajia ja määrä kasvaa. Oikeanlaisen ja omalle yritykselle sopivan palvelun löytäminen edellyttää perehtymistä markkinoilla oleviin palveluihin. Oikeanlaisen palvelun löytämisen merkitys on suuri varsinkin pienemmille yrityksille.

Seuraavissa kappaleissa on tarkoitus perehtyä muutamaankin markkinoilla oleviin palveluihin ja niiden palveluntarjoajiin. Vertailussa on mukana kolme kaupallista palveluntarjoajaa ja yksi vapaaseen lähdekoodiin perustava pilvipalveluympäristö. Vertailussa on otettu huomioon palvelun valintaan vaikuttavia keskeisiä seikkoja, kuten muun muassa käyttökustannukset ja tarjotut palvelut.

Vertailuun on valittu kolme kaupallista pilvipalveluntarjoajaa. Nämä yritykset ovat Amazon.com (Amazon Web Services, AWS), Microsoft (Azure) ja Google (Google Cloud Platform). Avoimen lähdekoodin palveluista on valittu vertailuun Openstack sekä Openstack-ohjelmistoa käyttävä HP.

### 5.1 Amazon Web Services

Amazon on yksi suurimmista pilvipalveluntarjoajista. Alkujaan perinteisenä nettikauppana aloittanut Amazon on kasvanut maailman yhdeksi merkittävimmistä pilvipalveluiden tuottajaksi jotka se aloitti vuonna 2002. Amazonin pilvipalvelut kokonaisuus on nimeltään Amazon Web Services (AWS). AWS koostuu useista pilvipalveluista joista tunnetuin on elastista pilvilaskentaa tarjoava Amazon Elastic Compute Cloud (EC2). EC2 on palvelu, josta voi vuokrata virtuaalipalvelimia eli instansseja oman käyttötarpeen mukaan. Muiden palveluiden ohella Amazonin keskeisiä palveluita ovat myös tallennustilaa tarjoavat palvelut. EC2-instanssit sisältävät itsessäänkin jonkin verran tallennustilaa, mutta nopeampaa ja monipuolisempaa tallennuskapasiteettiä tarjoavat Elastic Block Store- (EBS) ja Simple Storage Service (S3) -palvelut.

### 5.1.1 Elastic Compute Cloud

Olennaisin osa Amazon Web Services kokonaisuudessa on Elastic Compute Cloud (EC2) -palvelu. EC2 on palvelu, josta voi vuokrata virtuaalipalvelimia. Näitä virtuaalipalvelimia kutsutaan myös instansseiksi, jotka ovat skaalattavissa käyttötarpeen mukaan. Amazon on lajitellut instanssityypit suorituskyvyn mukaan: ensimmäisen ja toisen sukupolven instanssit (Standardi-instanssit), instanssit Microsta Extra Large kokoluokkaan sekä lisäksi asiakkaalla on mahdollista valita myös High Memory -instanssi, jossa on tavallista enemmän keskusmuistia tai enemmän prosessoritehoa tarjoava High CPU -instanssi. Asiakas voi valita lisäksi myös käyttämänsä käyttöjärjestelmän ja ohjelmistoja instanssien käyttöä varten. (Amazon.com 2013a)

Instanssien keskinäiset suorituskykyerot määritellään Amazonin oman EC2 Compute Unit (ECU) -yksikön avulla. Yksi ECU-yksikkö vastaa vuoden 2007 yhden ytimen 1,0–1,2 Ghz tehoisen AMD Opteron- tai Intel Xeon -suoritinta. Esimerkiksi ensimmäisen sukupolven instansseista pienimmässä eli M1 Small Instance -instanssissa on keskusmuistia 1,7 GB, 160 GB tallennuskapasiteettia ja yksi ECU-yksikkö eli yksi virtuaalinen prosessoriydin. Vastaavasti ensimmäisen sukupolven suurimmassa instanssissa on 15 GB keskusmuistia, 1690 GB tallennuskapasiteettia ja kahdeksan ECU-yksikköä (neljä virtuaaliydintä joissa jokaisessa kaksi ECU-yksikköä kussakin). (Amazon.com 2013a; Heino 2010, 106.)

Instanssien käytöstä veloitetaan käyttömäärän mukaan ja jokaiselle instanssi-tyypille on määritely hinta riippuen siitä, onko instanssi Linux- vai Windows-pohjainen, Windows-instanssien ollessa hieman Linux-instansseja kalliimpia. Amazonilla tämänkaltainen hinnoittelu on nimetty On-Demand hinnoitteluksi. Amazon tarjoaa myös Reserved Instances -hinnoittelua, jossa asiakas pystyy varaamaan ennakkoon instanssin kertamaksulla pidemmälle aikavälille saaden näin alennusta suhteessa tuntikohtaiseen On-Demand -hinnoitteluun. (Amazon.com 2013a)

Amazon tarjoaa myös mahdollisuuden Spot-instanssien ostoon. Spot-instanssit ovat Amazonin oman ylikapasiteetin hankinnan mahdollistava hankintatapa, jossa Spot-instanssin hinta jää yleensä alemmaksi kuin sitä vastaavaan instanssin ostaminen suoraan Amazonilta. Spot-instanssia hankkiessa asiakas täyttää lomakkeen, johon

kerrotaan, minkäkokoista instanssia tarvitaan, kuinka monta kappaletta, mistä konesalista ja paljonko siitä oltaisiin valmiita maksamaan. Jos asiakkaan tarjoama hinta on korkeampi kuin silloinen Amazonin edellyttämä, kulloisenkin kuormitustilanteen mukainen minimihinta, kauppa syntyy. Spot-instanssi on voimassa niin kauan kunnes asiakas päättää lopettaa sen tai Amazonin spottihinta nousee yli asiakkaan tarjoaman hinnan. (Heino 2010, 108) Taulukossa 1 on Amazonin instanssien On-Demand hinnat.

Taulukko 1. Amazonin EC2-palvelun instanssien On-Demand hintataulukko (Amazon.com 2013a muokattu).

<b>Instanssi-tyyppi</b>	<b>Linux/Unix</b>	<b>Windows</b>
<b>Standard</b>		
Small	0,065 \$/h	0,091 \$/h
Medium	0,130 \$/h	0,182 \$/h
Large	0,260 \$/h	0,364 \$/h
Extra Large	0,520 \$/h	0,728 \$/h
<b>2nd Generation</b>		
Extra Large	0,550 \$/h	0,780 \$/h
Double XL	1,100 \$/h	1,560 \$/h
<b>Micro instanssit</b>		
Micro	0,020 \$/h	0,035 \$/h
<b>High-Memory</b>		
Extra Large	0,460 \$/h	0,510 \$/h
Double XL	0,920 \$/h	1,020 \$/h
Quad XL	1,840 \$/h	2,040 \$/h
<b>High CPU</b>		
Medium	0,165 \$/h	0,225 \$/h
Extra Large	0,600 \$/h	0,900 \$/h

Taulukon 1 hinnat on määritelty Amazonin Irlannissa sijaitsevan konesalin mukaan.

### 5.1.2 Elastic Block Store

Tilatessa instansseja, asiakas saa käyttöönsä jonkin verran tallennustilaa riippuen instanssin koosta, mutta usein yrityksillä on tarve paljon suuremmalle tallennuskapasiteetille. Amazonin pilvitalennuspalvelu on nimeltään Elastic Block Store (EBS). EBS on palvelu, josta ostettava virtuaalinen tallennustila toimii kuten tavallinen kiintolevy fyysisessä palvelimessa. EBS-palvelusta voi ostaa tallennuskapasiteettia 1 GB - 1 TB suuruisissa lohkoissa aina ostettua instanssia kohden. Yhteen instanssiin voidaan myös kiinnittää useampia lohkoja. ESB-tallennustila käyttäytyy fyysisen kiintolevyn tavoin, eli ostettaessa asiakas saa käyttöönsä tyhjän osion, johon asiakas luo tiedostojärjestelmän ja asentaa tarvittavat ohjelmistot ja jota käytetään ostetusta instanssista käsin. Amazon tarjoaa myös varmuuskopiontia varten Snapshot-palvelua. Snapshot-palvelussa asiakas voi ottaa ajankohtaan sidottuja varmuuskopioita, joita säilytetään palveluntarjoajan tiloissa. (Amazon.com 2013b) Taulukossa 2 on esitetty EBS-palvelun hinnat.

Taulukko 2. Amazon Elastic Block Store-palvelun hintataulukko, Irlannin konesali (Amazon.com 2013b muokattu).

Tallennustilan tyyppi	Hinta
<b>Amazon EBS Standard</b>	0,110 \$/GB 0,110 \$/miljoona I/O-kyselyä
<b>Amazon EBS IOPS</b>	0,138 \$/GB 0,110 \$/Varattu IOPS

Amazon EBS standard-palvelu on perinteisempi tallennuskapasiteetin tarjontapalvelu. Asiakas ensin määrittää kuinka paljon tallennustilaa hän tarvitsee, joka sitten veloitetaan kuukausittain niin kauan kunnes asiakas päättää vapauttaa palvelun. Tämän lisäksi lisäkustannuksia tulee I/O kyselyjen määrästä tallennuslohkoon. Riippuen asennettujen ohjelmistojen määrästä ja luonteesta, I/O kyselyjen määrä voi vaihdella kuukauden laskutuskauden aikana. EBS standard -palvelu sopiikin sellaiseen käyttötarkoitukseen, jossa sovellusten I/O kyselyjen käyttö on maltillista tai hetkellisesti korkeampaa. IOPS (input/output operations per second) -tallennustila on suunniteltu ennustettavissa olevaa ja korkean suorituskyvyn I/O käyttöä varten. IOPS-tallennustila sopii esimerkiksi tietokantasovelluksille. Tavallisen tallennustilan lisäksi asiakasta veloitetaan varatun IOPS määrän mukaan, joka kerrotaan käytettyjen päivien prosenttiosuudella.

Esimerkiksi jos asiakas varaa kyselyjä määrältään 1000 IOPS ja varaa tätä määrää 15 päivää 30 päivän kuukaudessa, asiakasta veloitetaan 55\$ ( $0,11\$ * 1000 \text{ IOPS} * 15/30$ ) Euroopan konesalin hintatason mukaan. (Amazon.com 2013b)

### 5.1.3 Simple Storage Service

Amazon tarjoaa myös toista pilvitallennuspalvelua nimeltään Simple Storage Service (S3). S3-palvelu eroaa EBS-palvelusta siinä, että se tarjoaa asiakkaille pidempiaikaista tallennuskapasiteettiä. Tallennuslohkot ovat suuruudeltaan 1–5 TB ja näkyvät asiakkaalle ”bucket”-nimisinä tallennusosioina. S3-tallennustilaan pääsee käsiksi mistä tahansa käyttämällä verkkoselainta sillä se tukee http-protokollaa. (Amazon.com 2013c)

Amazon tarjoaa neljä eri tapaa turvata asiakkaan tietoja S3-palvelussa: tunnistuksen ja pääsyn hallinta (identify and access management), ”bucket”-osioiden hallinta (bucket policies), pääsyylistat (access control lists) ja merkkijono tunnistus (query string authentication). Lisäksi Amazon tarjoaa asiakkaille käyttöön tietojen salaussuomenkielisiä nimeltään Amazon S3 encryption client. (Amazon.com 2013c)

Amazon takaa asiakkaillensa tallennuspalveluidensa toimintavarmuuden usealla tavalla. Tallennuspalvelut ovat herkempiä vikatiloille kuin tavalliset instanssit. S3-palveluun tallennetuille tiedoille Amazon lupaa 99,99999999 prosenttia säilyvyyden ja 99,99 prosenttia tallennettujen tiedostojen saatavuuden yhden vuoden aikana. S3-palvelussa levyalueet kopioidaan konesalien sisällä ja tiedot tarkistetaan reaaliajassa tietojen korruptoituneisuuden varalta. (Amazon.com 2013c) Taulukossa 3 on esitetty S3-palvelun hintataulukko.

Taulukko 3. S3-Palvelun hintataulukko, Irlannin konesali (Amazon.com 2013c muokattu).

	Standard storage	Reduced Reduncany storage	Glacier storage
<b>Ensim. 1 TB / kk</b>	0,095 \$/GB	0,076 \$/GB	0,011 \$/GB
<b>Seur. 49 TB / kk</b>	0,080 \$/GB	0,064 \$/GB	0,011 \$/GB
<b>Seur. 450 TB / kk</b>	0,070 \$/GB	0,056 \$/GB	0,011 \$/GB
<b>Seur 500 TB / kk</b>	0,065 \$/GB	0,052 \$/GB	0,011 \$/GB
<b>Seur 4000 TB / kk</b>	0,060 \$/GB	0,048 \$/GB	0,011 \$/GB
<b>Seur 5000 TB / kk</b>	0,055 \$/GB	0,037 \$/GB	0,011 \$/GB

Taulukossa 3 on esitelty kolme tallennustilapalvelua. Standard-tallennustila sopii monenlaisen sisällön tallentamiselle. Asiakas voi käyttää sitä esimerkiksi mediatiedostoille, web-sovelluksille tai lääketieteellisille kriittisille tiedostoille. Reduced Reduncany -tallennustila (RRS) mahdollistaa tallennettujen tiedostojen jakamisen ja jakelun eteenpäin kustannustehokkaasti. RRS sopii ei-kriittisten tietojen tallentamiseen jotka ovat pysyvästi tallennettuina muualle. Glacier-tallennustila on halvin vaihtoehtoista. (Amazon S3 2013) Glacier sopii sellaisen tiedon tallentamiseen johon ei tarvitse päästä käsiksi säännöllisin väliajoin, kuten tiedostojen arkistoinnille ja varmuuskopioiden tallentamiselle. (Amazon.com 2013d)

#### 5.1.4 Amamzon CloudWatch

Amazon CloudWatch tarjoaa AWS-palvelukoneiston valvonta- ja raportointipalveluita. CloudWatchin avulla asiakas voi esimerkiksi seurata omien instanssien tilaa, CPU:n käyttöä, viivettä järjestelmässä sekä pyyntöjen lukumäärää. Suurin osa CloudWatchin seurantapalveluista on ilmaisia mutta laajempia ominaisuuksia tarjoavat palvelut ovat maksullisia. Asiakas voi myös halutessaan lisätä omia valvontatyökalujaan CloudWatch-palveluun. (Amazon.com 2013e) Taulukossa 4 on esitetty CloudWatch-palvelun valvonta- ja raportointityökalujen hinnat.

Taulukko 4. Amazon CloudWatch hintataulukko (Amazon.com 2013e muokattu).

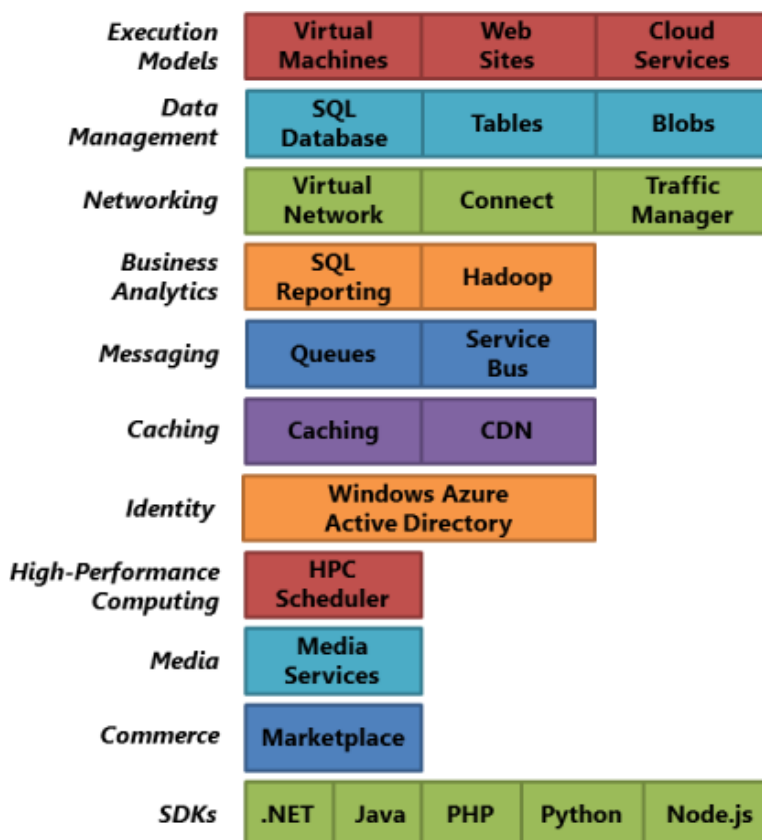
<b>Amazon CloudWatch monitorointi EC2 instansseille</b>
3,50 \$/instanssi/kk
<b>Amazon CloudWatch Custom metrics</b>
0,50 \$/metric/kk
<b>Amazon CloudWatch Alarms</b>
0,10 \$/Hälytys/kk
<b>Amazon CloudWatch API requests</b>
0,01 \$/1000 Get-, List- tai Put-pyyntöä

Maksullisen valvontatyökalun avulla asiakas saa tietoa instansseistaan ja ohjelmistaan lyhyemmällä aikavälillä. Asiakas pystyy myös seuraamaan omia sovelluksia jotka ovat käynnissä Amazon Web Services -palveluissa CloudWatch Custom Metrics -työkalun avulla. Alarms-työkalun avulla asiakas voi määrittää seurattavia suureita ja perustuen saatuihin tietoihin myös määrittää ohjelmiston jatkotoimenpiteet. Tästä on hyötyä esimerkiksi ongelmanratkaisutilanteissa. (Amazon.com 2013e)

## 5.2 Microsoft Azure

Microsoftilla on pitkä historia ohjelmistokehityksessä ja se tunnetaan parhaiten sen kehittämästä Windows-käyttöjärjestelmästä ja Office-ohjelmistopaketesta. Microsoft käynnisti pilvipalvelujen tuottamisen vuonna 2008 mutta otti sen käyttöön laajemmin pari vuotta myöhemmin, vuonna 2010. (Heino 2010, 120.) Microsoftin pilvipalvelukokonaisuus on nimeltään Windows Azure.

Windows Azure on jaettu useisiin palveluihin ja Azure onkin itsessään laaja palvelukokonaisuus. Azure tarjoaa virtualisointi palveluita sekä välineet omien internet-sivujen tekoon ja hallintaan. Käyttäjillä on lisäksi mahdollisuus ostaa muun muassa datan hallinta ja networking-palveluita sekä mediaan ja viestintään liittyviä palveluita. Ohessa on kuva Windows Azuren pilvipalveluiden rakenteesta. (Microsoft Windows Azure 2013a)



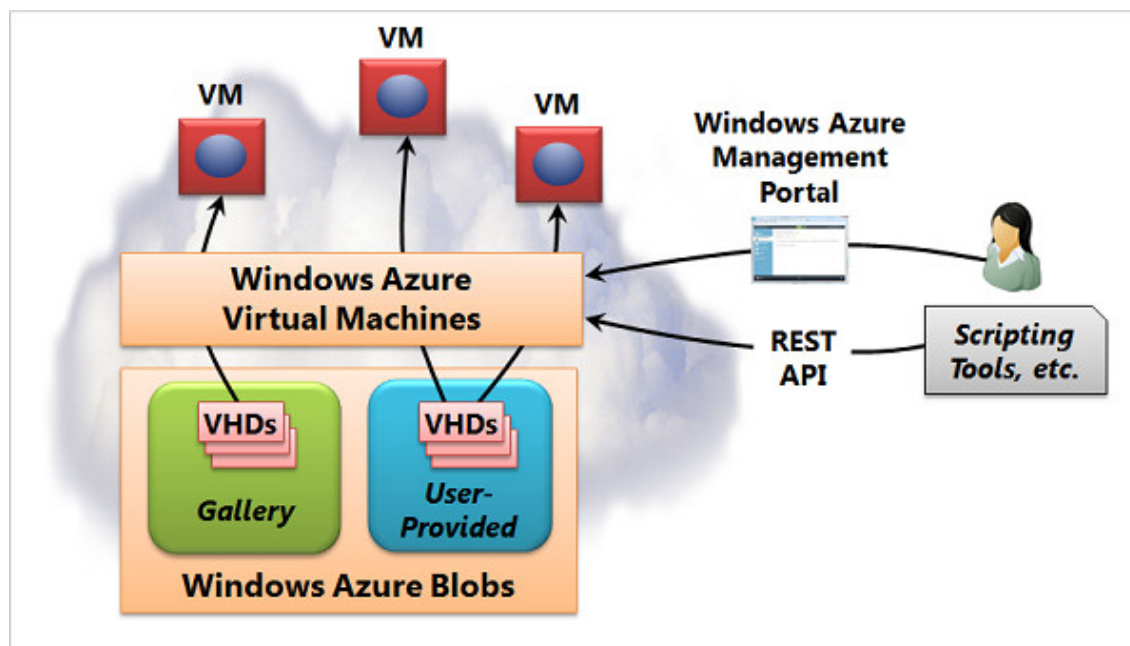
Kuva 2. Azure pilvipalvelu kokonaisuus (Microsoft Windows Azure 2013a).

Kuten kuvasta 2 näkyy, Azure tarjoaa asiakkaille laajan palvelukokonaisuuden. Ohjelmoijien näkökulmasta Azure tarjoaa samat käsitteet ja rajapinnat kuin muissakin Microsoftin ohjelmistoissa ja palveluissa.

### 5.2.1 Azure Virtual Machines

Amazonin tapaan Microsoftkin tarjoaa virtuaalipalvelimia eli instansseja. Azuren virtualisointiympäristössä asiakas voi valita itselleen sopivan instanssityypin. Liittyessään palveluun asiakas ensin valitsee minkä rajapinnan kautta hän liittyy palveluun jonka jälkeen valitaan virtuaalinen kiintolevy (Virtual Hard Disk, VHD). VHD:t sijaitsevat Windows Azuren Blob-hakemistoissa ja käyttäjä voi valita käyttääkö omaa VHD:tä vai Windows Azuren tarjoamaa VHD:tä.

Azuren tuetut käyttöjärjestelmät ovat Windows Server 2008 R2, Windows Server 2008 R2 SQL-serverituella ja Windows Server 2012. Linux-versioista tuettuna ovat Ubuntu, Suse ja CentOS. (Microsoft Windows Azure 2013b) Kuvassa 3 on havainnollistettu Windows Azuren virtuaalikoneiden toimintaa.



Kuva 3. Windows Azuren virtuaalikoneiden toiminta (Microsoft Windows Azure 2013b).

Instanssit Azuressa on nimetty pienimmästä Extra Small -instanssista Extra Large -instanssiin. Lisäksi tarjolla on myös A6- ja A7-instanssit, jotka tarjoavat enemmän muistia verrattuna tavallisiin instansseihin. Azure tarjoaa virtuaalikoneita seuraavilla kokoonpanoilla:

- Extra Small (A0), 1 jaettu ydin, 768 MB RAM
- Small (A1), 1 x 1,6 GHz prosessori, 1,75 GB RAM
- Medium (A2), 2 x 1,6 GHz, 3,5 GB RAM
- Large (A3), 4 x 1,6 GHz, 7 GB RAM
- Extra Large (A4), 8 x 1,6 GHz, 14 GB RAM
- A6, 4 x 1,6 GHz, 28 GB RAM
- A7, 8 x 1,6 GHz, 56 GB RAM

Tallennustilaa ei oletusarvoisesti kuulu Azuren virtuaaliservereihin vaan se ostetaan erikseen valitsemalla haluttu määrä tallennuskapasiteettiä Geo Redundant Storage (GRS) -palvelusta. Asiakas voi ostaa tallennuskapasiteettiä minimissään 25 GB, suurimmillaan 100 TB. Pilvipalvelujen luonteen mukaan, asiakas maksaa vain käyttämästään ajasta ja sopimus on helppo lopettaa tai jatkaa uudelleen. (Microsoft Windows Azure 2013c)

Azuren virtuaaliserveri voi toimia itsenäisesti mutta asiakas voi halutessaan myös yhdistää erillisiä virtuaalikoneita yhdeksi isoksi pilvipalvelukokonaisuudeksi. Usean virtuaalikoneen pilvipalvelu saa yhteisen julkisen IP-osoitteen yksittäisen virtuaaliserverin IP-osoitteen sijaan. Tästä on hyötyä esimerkiksi kuormituksen jakamisessa virtuaalikoneiden kesken. (Microsoft Windows Azure 2013b) Taulukossa 5 on esitetty Azuren virtuaalikoneiden hinnat ostettuna Euroopassa sijaitsevasta konesalista. Hinnat on tarkistettu 28.4.2013.

Taulukko 5. Azure Windows-virtuaalikoneiden hintataulukko (Microsoft Windows Azure 2013d muokattu).

Instanssi	Linux	Windows
<b>Extra Small (A0)</b>	0,02 \$/h	0,02 \$/h
<b>Small (A1)</b>	0,06 \$/h	0,09 \$/h
<b>Medium (A2)</b>	0,12 \$/h	0,18 \$/h
<b>Large (A3)</b>	0,24 \$/h	0,36 \$/h
<b>Extra Large (A4)</b>	0,48 \$/h	0,72 \$/h
<b>A6</b>	0,82 \$/h	1,02 \$/h
<b>A7</b>	1,64 \$/h	2,04 \$/h

Taulukossa 5 näkyy palveluiden hinnat Linux- ja Windows -instansseille tuntimaksun mukaan jokaiselle virtuaalikonetyypille. Taulukossa esitetyt hinnat Windows-instansseille ovat voimassa 1.6.2013 lähtien. Siihen asti niitä voi vuokrata alennetulla hinnalla.

### 5.2.2 Azure Data Management

Windows Azure tarjoaa erilaisia palveluita tiedon tallentamista ja hallinnointia varten. Azuren SQL-relaatiotietokanta vastaa Microsoftin SQL serveri -tuotteita. Toinen tietojen tallennuspalvelu on ”Tables”-säilö jossa käsitellään table-muotoon tallennettuja tietoja SQL:n sijaan (Heino, 122–123). Perinteinen tiedon tallennuspalvelu on ”Blob” (Binary Large Object) -tallennuspaikka. Yksinkertaisen hierarkian omaava Blob on yksinkertaistettu hakemisto joka tarjoaa isoa tallennuskapasiteettiä esimerkiksi video-, kuva- ja audiotiedostoille. Taulukossa 6 on esitettynä Azuren tallennuspalveluiden hinnat. Hinnat on tarkistettu 28.4.2013.

Taulukko 6. Blob-tallennustilan hinnasto (Microsoft Windows Azure 2013d muokattu).

<b>Tallennustilan koko</b>	<b>Geo Redundant</b>	<b>Local Redundant</b>
<b>ensim. 1 TB/kk</b>	0,095 \$/GB	0,070 \$/GB
<b>seur. 49 TB/kk</b>	0,08 \$/GB	0,065 \$/GB
<b>seur. 450 TB/kk</b>	0,07 \$/GB	0,06 \$/GB
<b>seur. 500 TB/kk</b>	0,065 \$/GB	0,055 \$/GB
<b>seur. 4000 TB/kk</b>	0,06 \$/GB	0,045 \$/GB
<b>seur. 4000 TB/kk</b>	0,055 \$/GB	0,037 \$/GB
<b>yli 9000 TB/kk</b>	neuvoteltavissa	neuvoteltavissa

Taulukossa 6 näkyy Blob-tallennustilan hinnat lajiteltuna Geographically Redundant- ja Locally redundant -palvelun mukaan. Geographically Redundant -palvelussa tiedot tallennetaan kahteen toisistaan erillään olevaan serverikeskukseen, joissa pidetään vielä useita kopioista tallennetusta datasta. Geographically Redundant -palvelu takaa siis varmempaa säilytystä asiakkaalle. Tallennustilan lisäksi asiakasta veloitetaan read/write-transaktioiden lukumäärän perusteella: jokaista miljoona transaktiota kohden veloitetaan 0,10\$. Seuraavassa taulukossa on SQL-tietokannan hinnat. Hinnat on tarkistettu 28.4.2013.

Taulukko 7. SQL-tietokannan hinnasto (Microsoft Windows Azure 2013d muokattu).

<b>Tietokannan koko</b>	<b>Hinta</b>
<b>0-100 MB</b>	4,995 \$/kk
<b>100 MB-1 GB</b>	9,99 \$/kk
<b>1 GB-10 GB</b>	9,99 \$ (ensimm. GB) / 3,996 \$ seur. GB
<b>10 GB- 50 GB</b>	45,95 \$ (ensimm. 10 GB) / 1,996 \$ seur GB
<b>50 GB – 150 GB</b>	125,874 \$ (ensimm. 50 GB) / 0,999 \$ seur. GB

Tietokantapalvelusta on kaksi versiota: Web- ja Business -versio. Web-versio tukee tietokantoja 5 GB kokoon asti ja Business-versio 150 GB asti.

### 5.3 Google Cloud Platform

Kolmas kaupallinen palveluntarjoaja on Google, joka on tunnettu muun muassa Google-hakukoneestaan, suositusta Gmail-sähköpostiohjelmistostaan sekä kartta- ja navigointipalveluistaan. Google aloitti pilvipalveluiden tarjoamisen vuonna 2008 julkaisemalla esittelyversion Appenginestä (Google 2013a). Viralliseksi Google-tuotteeksi AppEngine tuli vuonna 2011 (Google 2013b).

Googlen pilvipalvelukokonaisuus on nimeltään Google Cloud Platform. Google Cloud Platform koostuu muun muassa infrastruktuuripalveluita tarjoavasta Google Compute Enginestä, tallennustilapalvelusta Google Cloud Storagesta, analysointipalveluita tarjoavasta Google BigQuerystä ja Google AppEnginestä, joka on PaaS-tyypin palvelu. (Google 2013c)

#### 5.3.1 Google Compute Engine

Google tarjoaa monen muun yrityksen tapaan virtualisointipalveluita. Google Compute Engine on Googlen infrastruktuurin päällä toimiva virtualisointiympäristö, jonka virtuaaliserverit ovat varustettuna Linux-käyttöjärjestelmällä. Google Compute Engine tarjoaa skaalattavissa olevaa laskentakapasiteettiä, josta asiakas maksaa käytön mukaan. Virtuaalikoneita on mahdollista yhdistää yhdeksi virtuaalikoneiden verkoksi, klusteriksi. Jokainen virtuaalikoneinstanssi luokitellaan instanssiresurssiksi, joka on osa instanssikokoelmaa. Kun asiakas luo virtuaalikoneinstanssin, asiakas luo tällöin instanssiresurssin joka käyttää muita resursseja, kuten levy-, verkko-, ja levykuvaresursseja. Kaikki resurssit on luokiteltu joko globaaliresurssiksi tai vyöhykeresurssiksi. Esimerkiksi levykuvat ovat globaaliresurssieja, joihin muut resurssit voivat ottaa yhteyden. Instanssit luokitellaan vyöhykeresurssiksi, joten resurssit voivat käyttää vain samalla vyöhykkeellä olevaa instanssia hyödykseen. Jakamalla resursseja vyöhykkeiden kesken käyttäjä voi luoda toimintavarman pilviympäristön, joka on toimintavalmiudessa vaikka jokin vyöhykkeistä menisi offline-tilaan. Käyttäjä voi käyttää Googlen virtuaalikoneinstansseja Compute Engine-konsolin, RESTful API -rajapinnan tai komentorivityökalun kautta. (Google 2013e)

Google tarjoaa tavallisten instanssien lisäksi myös High CPU- ja High Memory -instansseja Amazonin tapaan. Näissä instansseissa on enemmän keskusmuistia ja suoritintehoa verrattuna tavallisiin instansseihin. Google käyttää myös omaa GCEU (Google Compute Engine Unit, myös GC) -yksikköään kuvaamaan instanssiensa laskentatehoa. Google on valinnut 2,75 GC:tä kuvaamaan yhden ytimen minimi tehovaatimuksia Sandy Bridge -alustallaan. (Google 2013f) Taulukoissa 8–10 on esitetty Googlen instanssien hinnat Euroopassa. Hinnat on tarkistettu 21.4.2013.

Taulukko 8. Standard-instanssien hinnat (Google 2013g muokattu).

Instanssi	Ytimet	Muisti (GB)	GCEU:t	Kiintolevy (GB)	Hinta
<b>n1-standard-1-d</b>	1	3,75	2,75	420	0,145 \$/h
<b>n1-standard-2-d</b>	2	7,50	5,5	870	0,290 \$/h
<b>n1-standard-4-d</b>	4	15	11	1770	0,580 \$/h
<b>n1-standard-8-d</b>	8	30	22	2 x 1770	1,160 \$/h

Taulukko 9. High Memory-instanssien hinnat (Google 2013g muokattu).

Instanssit	Ytimet	Muisti (GB)	GCEU:t	Kiintolevy (GB)	Hinta
<b>n1-highmem-2-d</b>	2	13	5,5	870	0,344 \$/h
<b>n1-highmem-4-d</b>	4	26	11	1770	0,687 \$/h
<b>n1-highmem-8-d</b>	8	52	22	2 x 1770	1,375 \$/h

Taulukko 10. High CPU-instanssien hinnat (Google 2013g muokattu).

Instanssit	Ytimet	Muisti (GB)	GCEU:t	Kiintolevy (GB)	Hinta
<b>n1-highcpu-2-d</b>	2	1,80	5,5	870	0,184 \$/h
<b>n1-highcpu-4-d</b>	4	3,60	11	1770	0,369 \$/h
<b>n1-highcpu-8-d</b>	8	7,20	22	2 x 1770	0,737 \$/h

Kuten taulukosta voi nähdä, High CPU- ja High Memory -instanssien laskentatehot pysyvät ennallaan mutta keskusmuistin ja laskentatehon suhteet vaihtuvat. Google tarjoaa myös samoja instansseja ilman kiintolevytilaa tarjoten vain boot-osion instansseihin. Tuntihinta on hieman edullisempi ilman oletusarvoista kiintolevyosiota.

### 5.3.2 Google Cloud Storage

Google tarjoaa myös tallennuspalveluita. Google Cloud Storage tarjoaa tallennustilaa monenlaiseen käyttötarkoitukseen. Googlen pilvitalennuspalvelua voi esimerkiksi käyttää arkistointiin tai varmuuskopioiden säilyttämiseen, sovellustietojen säilyttämiseen tai suuren tietomäärän analysointiin. Google takaa pilvitalennuspalveluilleen 99,9 prosenttisen tai paremman saatavuuden sekä suureen skaalautuvuuden tarjoten yrityksille lähes rajoittamattoman tallennustilan. Pilvitalennuspalveluun tallennetut tiedostot kopioidaan useaan maantieteellisesti erillään oleviin Googlen serverikeskuksiin, millä taataan tietojen säilyvyys vikatilanteissa. (Google 2013h) Taulukossa 11 Googlen pilvitalennuspalvelun hinnat. Hinnat on tarkistettu 22.4.2013.

Taulukko 11. Googlen pilvitalennuspalvelun hinnat (Google 2013g muokattu).

Käyttö / kk	Standard Storage /GB/kk	Durable Reduced Availability Storage
Ensim. 0-1 TB	0,085 \$	0,063 \$
Seur. 9 TB	0,076 \$	0,054 \$
Seur. 90 TB	0,067 \$	0,049 \$
Seur. 400 TB	0,063 \$	0,045 \$
Seur. 4500 TB	0,054 \$	0,042 \$

Google tarjoaa tavallisen tallennuspalvelunsa lisäksi myös Durable Reduced Availability Storage (DRA) -palvelua jossa asiakas saa tallennustilaa halvemmalla, mutta jolle Google ei takaa samaa saatavuusvarmuutta kuin tavalliselle tallennuspalvelulle. (Google 2013i)

### 5.3.3 Google App Engine

Google App Engine on PaaS-tyyppinen palvelu, joka tarjoaa kehitysalustan sovellusten tekoa varten. Ohjelmistokielistä tuettuina ovat Python, Go ja Java. App Enginen avulla voidaan luoda esimerkiksi Web-sivuja, sovelluksia sekä Chrome- ja mobiilipelejä. Google tarjoaa kehittäjille työkalut sovellusten tekoa ja koeajoa varten. Appengine erottaa sillä tehdyn sovelluksen käyttöjärjestelmästä, laitteistosta ja konesalista luomalla sovellukselle oman ”sandboxin”. Sandbox siis eristää sovelluksen luomalla sille oman

itsenäisen ympäristön jossa on tarvittavat palvelut. Näitä palveluita ovat esimerkiksi API-rajapinta käyttäjien autentikointiin ja sähköposti-palvelut. Muut tietokoneet voivat kommunikoida sovelluksen kanssa HTTP- ja HTTPS-pyyntöjen kautta käyttämällä standardeja portteja. (Heino 116–117)

App Engineä voi käyttää ilmaiseksi tiettyyn Quata-rajoitukseen asti mutta tarjolla on myös yrityksille enemmän ominaisuuksia sisältävä maksullinen versio. Yksi sovellus maksaa yhdeksän dollaria kuukaudessa. Yrityksille taataan myös 99,9 prosentin käytettävyyys SLA-sopimuksen kautta. (Google 2013g; Heino 2010, 117)

## **5.4 Openstack**

Openstack on avoimeen lähdekoodin perustuva pilvipalveluprojekti, joka on julkaistu Apache-lisenssin alaisuudessa. Openstack-ohjelmistoa kehittää voittoa tavoittelematon Openstack-säätiö. Mukana projektia tukemassa on myös lukuisia suuria yrityksiä kuten Cisco, IBM ja HP. Ensimmäinen vakaa versio Openstackista julkaistiin vuonna 2012 (Openstack 2013a). Openstack mahdollistaa virtualisointi-, tallennustila- ja networking-palveluiden luomisen. Koska Openstack on avoimeen lähdekoodiin perustuva ohjelmisto, voi sitä käyttävä yritys muokata sitä vapaasti omien tarpeiden mukaisesti. Openstack palveluita ja ohjelmistoja voidaan hallita Openstackin oman Dashboard-sovelluksen kautta. Dashboardin avulla voidaan myös hallita kolmansien osapuolten sovelluksia, kuten esimerkiksi laskutus- ja seurantapalveluita. Openstack sopii esimerkiksi yrityksille, jotka haluavat käyttää omia laitteistojaan luodakseen oman pilvipalvelukokonaisuuden. Openstackin avulla yritys voi luoda joko yksityisen tai julkisen pilvipalvelun. Julkisen pilvipalvelun käyttö on mahdollista toisen yrityksen kautta joka käyttää Openstack-ohjelmistoa omana pilvipalvelukoneistonaan. Tällaisia yrityksiä ovat esimerkiksi HP, Rackspace ja DreamCompute. (Openstack 2013b)

### **5.4.1 Openstack Compute**

Openstackin avulla käyttäjä voi luoda virtuaalikoneiden verkon jotka ovat skaalattavissa käyttötarpeiden mukaisesti. Kehittäjät voivat käyttää API-rajapintaa käyttäessään pilvilaskentaresursseja kun taas käyttäjät ja palvelun ylläpitäjät käyttävät Cloudstack-

ohjelmistoa web-pohjaisen käyttöliittymän avulla. Cloudstack tukee useaa Hypervisor-ohjelmaa, joiden avulla ylläpitäjät voivat pystyttää Openstack-pilvipalvelun. Tuettuina ovat muun muassa KVM ja XenServer. Hypervisor-ohjelmien lisäksi Cloudstack tukee myös ARM-teknologiaa ja muita vaihtoehtoisia laitteistopohjaisia arkkitehtuuriratkaisuja. (Openstack 2013c)

Yritys voi myös ostaa Cloudstack palveluita niitä tarjoavilta yrityksiltä. Näistä yrityksistä on otettu tarkasteluun HP, joka on myös yksi Openstack-ohjelmiston tukijoista ja kehittäjistä.

#### **5.4.2 Openstack Storage**

Openstack tarjoaa sekä Objekti- (Object) että Lohko (Block) -tallennuskapasiteettia. Objekti-tallennustila sopii parhaiten tietojen arkistointiin sekä varmuuskopioiden ja muiden tietojen säilyttämiseen. Objekti-tallennustilaohjelmiston voi integroida API-rajapinnan kautta suoraan sovellusten käyttöä varten. Tiedostot kirjoitetaan usealle levyosiolle serverikeskuksen sisällä, missä Cloudstack-ohjelmisto vastaa tietojen hajauttamisesta (data replication) ja tietojen saatavuudesta (data integrity). Kovalevyn vikatilanteessa Openstack kopioi kovalevyn sisällön muista aktiivisista solmuista (node) ja tallentaa sen uuteen lokaatioon. (Openstack 2013d)

Lohko-tallennustila sopii käytettäväksi Openstack-instanssien kanssa ja onkin täysin integroitavissa Openstack Compute- ja Dashboard-ohjelmistojen kanssa mahdollistaen tallennustilan käytön helposti. Linux-serverin säilytystilan lisäksi Openstack Lohko-tallennus tukee monia muita tallennustilaohjelmistoja, tuettuina ovat esimerkiksi Ceph, NetApp, Nexenta, SolidFire ja Zadara. Lohko-tallennustila sopii käytettäväksi tietokantojen tallennukseen, laajennettaville tiedostojärjestelmille sekä se tarjoaa serverin jossa on käyttöoikeus raakaan lohkotason tallennukseen. Lohko-tallennustila tukee myös Snapshot-varmuuskopiointien hallintaa. Snapshot-varmuuskopiolla käyttäjä voi palauttaa tietonsa tai käyttää sitä uuden Lohko-tallennustilan luomiseen. (Openstack 2013d)

### 5.4.3 Openstack Dashboard

Openstack Dashboard on graafinen käyttöliittymä, jolla voidaan käyttää Openstack-pilvipalvelun palveluita ja ohjelmistoja. Dashboardin kautta onnistuu myös kolmansien osapuolten ohjelmistojen hallinnointi kuten erilaiset seuranta- ja laskutusohjelmistot. Dashboardin kautta käyttäjä voi esimerkiksi luoda erilaisia projekteja ja määrittää uusia käyttäjiä verkkoon sekä määrittää myös projekteissa käytettävät resurssit. Dashboard tukee omaa Openstack API-rajapintaa ja lisäksi tuettuna on myös Amazonin EC2 API-rajapinta. (Openstack 2013e)

### 5.4.4 Openstackin käyttäminen HP:n pilvipalveluiden kautta

Openstack pilvipalveluita on mahdollista myös ostaa kaupalliselta pilvipalveluntarjoajalta. Tässä kappaleessa perehdytään palveluiden hankkimiseen HP pilvipalvelujen kautta. Tarkastelussa on HP:n virtualisointi-, tallennustila- ja seurantapalvelut. Näiden lisäksi HP tarjoaa muun muassa myös viestintä-, kuormantasaus- ja MySQL-relaatiotietokantapalveluita. (HP 2013a)

### HP Cloud Compute

HP tarjoaa skaalattavissa olevia instansseja, joiden hinta määräytyy niiden käytön mukaan. Openstack Dashboardin sijaan HP käyttää omaa käyttöliittymää instanssien ja niiden parametrien hallintaan. Muilta osin HP tarjoaa Openstackin ominaisuuksiin pohjautuvan pilvipalveluohjelmiston, kuten asiakkaan valitseman API-rajapinnan käytön. Virtuaaliservereiden käyttöjärjestelmiksi asiakas voi valita Linuxin tai Windowsin. Linuxista on tuettuna Ubuntu, CentOS, Fedora ja Debian kun taas Windowsilta on tarjolla Windows server 2008 SP (sekä 32- ja 64-bittinen) ja Windows Server Enterprise Edition 2008 R2 (64-bittinen). (HP 2013b) Instanssin asiakas voi valita taulukossa 12 esitellyistä tyypeistä.

Taulukko 12. HP:n Instanssi tyypit (HP 2013b muokattu).

Instanssi	RAM (GB)	HP Cloud Compute yksiköt	Virtuaaliset ytimet	Tallennustila
Extra Small	1	1	1	30
Small	2	2	2	60
Medium	4	4	2	120
Large	8	8	4	240
Extra Large	16	16	4	480
Double Extra L	32	32	8	960

HP käyttää hinnoittelussaan Amazonin tapaan omaa yksikköä määrittämään instanssin suorituskyvyn ja hinnan. Yksi HP Cloud Compute -yksikkö vastaa instanssia yhdellä virtuaalisella ytimellä, Gigatavun RAM-muistilla ja 30 Gigatavun tallennustilalla. Vastaavasti 32 Cloud Compute yksikköä vastaa instanssia jossa on 8 ydintä, 32 RAM-muistia sekä 960 GB tallennustilaa. (HP 2013b) Taulukossa 13 on esitetty instanssien hinnat. Hinnat on tarkistettu 16.4.2013.

Taulukko 13. HP instanssien hintataulukko (HP 2013b muokattu).

Instanssi	Linux	Windows
Extra Small	(25,55 \$/kk) 0,035 \$/h	(43,80\$/kk) 0,060 \$/h
Small	(51,10 \$/kk) 0,07 \$/h	(87,60\$/kk) 0,12 \$/h
Medium	(102,20 \$/kk) 0,14 \$/h	(175,20\$/kk) 0,24 \$/h
Large	(204,40 \$/kk) 0,28 \$/h	(350,40\$/kk) 0,48 \$/h
Extra Large	(408,80 \$/kk) 0,56 \$/h	(700,80\$/kk) 0,96 \$/h
Double Extra L	(817,60 \$/kk) 1,12 \$/h	(1401,60\$/kk) 1,92 \$/h

Taulukossa on esitetty hinnat kuukauden ja tunnin käytön perusteella. Instansseille HP on taannut 99,95 % saatavuuden kuukaudessa. (HP 2013c)

## HP Cloud Storage

HP tarjoaa Objekti- ja Lohko-tallennustilapalveluita. Objekti-tallennustilapalveluissa jokainen tallennettu objekti kopioidaan kolme kertaa ja tallennetaan fyysisesti eri saatavuus vyöhykkeille. Tallennustila on asiakkaan hallussa niin kauan kunnes asiakas irtisanoo sopimuksen. (HP 2013d) Taulukossa 14 esitetty HP Object -tallennustilan hintataulukko. Hinnat on tarkistettu 16.4.2013.

Taulukko 14. Objekti tallennustilan hintataulukko (HP 2013c muokattu).

	<b>Hinta</b>
<b>Object tallennustila</b>	0,09 \$/GB/kk
	<b>Hinta</b>
<b>Put, Post, Copy, List, Get ja muut pyynnöt</b>	0,01 \$/10 000 pyyntöä

Objekti-tallennustilan hinta määräytyy tarvittavan kapasiteetin mukaan kuukautta kohden. Lisäksi asiakas maksaa käytetyistä pyynnöistä Objekti-tallennustilapalveluun. (HP 2013c) Seurvaavassa taulukossa Lohko-tallennustilan hintataulukko. Hinnat on tarkistettu 16.4.2013.

Taulukko 15. Lohko tallennustilan hintataulukko (HP 2013c muokattu).

<b>Tyyppi</b>	<b>Hinta</b>
<b>Block tallennustila</b>	0,10 \$/GB/kk
<b>I/O pyynnöt</b>	0,10 \$/miljoona pyyntöä
<b>Varmuuskopiointi</b>	0,09 \$/GB/kk

Varmuuskopiot tallennetaan Objekti tallennustilapalveluun Lohko-tallennustilassa tapahtuvan tiedon pakkaamisen jälkeen. (HP 2013c)

## 6 VERTAILU JA POHDINTA

Vertailtavat yritykset tarjoavat laajan valikoiman erilaisia pilvipalveluita. Työssä on keskitytty vertailemaan yritysten keskeisiä ja tunnetuimpia ominaisuuksia jotka ovat vertailtavien yritysten kesken samankaltaisia. Taulukossa 16 on vertailu yritysten palveluista.

Taulukko 16. Pilvipalveluiden vertailua

Ominaisuudet	Amazon	Microsoft	Google	Openstack
IaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
PaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
SaaS-palvelut	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Pilvitalennus	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Varmuuskopiointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Virtualisointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Instanssien lkm	12	5	10	6/*
Ilmainenkäyttö	Osittain	Osittain	Osittain	Kyllä

Vaikka yritykset ovatkin ominaisuuksiltaan paljon toisistaan eroavia, perusominaisuudet ovat hyvinkin lähellä toisiaan, kuten taulukosta 16 voidaan todeta. Amazon AWS on keskittynyt vahvasti IaaS-palveluiden tuottamiseen. Amazon tarjoaakin jopa 12 erilaista instanssityyppiä. Palveluntarjoajista kaikki tarjoavat jossakin määrin ilmaista käyttöä pilvipalveluilleen. Ilmainen käyttö on toteutettu ilmaisilla koejaksoilla tiettyjä kriiterejä noudattaen. Amazon tarjoaa esimerkiksi Micro instansseilla 750h/kk ilmaista käyttöaikaa, joka sisältää myös rajatun määrän tallennustilaa Amazon EBS -palvelusta. Openstackin ohjelmiston käyttö on ilmaista jos käyttäjä ylläpitää omia laitteistojaan, tällä tavalla asiakas voi itse myös määrittää instanssiensa koot. Työssä on vertailtu Openstack-ohjelmistoa käyttävää HP:n pilvipalvelua, joka tarjoaa kuusi instanssityyppiä asiakkailleen.

Vertailtavista palveluntarjoajista kaikki tarjoavat jossakin määrin SaaS-tyypin pilvipalveluita. Microsoft tarjoaa esimerkiksi sähköposti-, kalenteri- ja Office-tuoteperheen palveluita. Googlella asiakas voi tilata Google Apps -palvelun, joka pitää sisällään muun muassa sähköposti- ja kalenteripalvelut sekä paremmat

käyttäjätukipalvelut. HP tarjoaa SaaS-palveluita yhteistyökumppaneidensa kautta, esimerkiksi sähköpostipalveluita tarjoaa SendGrid ja Appzero mahdollistaa tietojen siirtämistä pilvipalveluun. Amazon tarjoaa ohjelmistoja joita voidaan esimerkiksi käyttää EC2-palvelun kanssa. Amazon tarjoaa myös yksinkertaista sähköpostisovellusta. Amazon ylläpitää myös AWS Marketplace -palvelua, joka on ohjelmistokauppa, jossa muut yritykset voivat myydä ohjelmistojaan muille käyttäjille.

Vertailussa mukana olleet pilvipalveluntarjoajat tukevat useaa ohjelmointikieltä tarjoamissaan ohjelmistoissa ja palveluissa. Taulukossa 17 ovat palvelutarjoajien tukemat ohjelmointikieliset.

Taulukko 17. Palvelutarjoajien tukemat ohjelmointikieliset

Ohjelmointikieli	Amazon	Microsoft	Google	Openstack
Java	X	X	X	X
PHP	X	X	-	X
Python	X	X	X	X
Ruby	X	-	-	X
.NET	X	X	-	X
Node.js	-	X	-	-
GO	-	-	X	-
PERL	-	-	-	X
Javascript	-	-	-	X

Ohjelmointikielten tuki on vertailtavilla pilvipalveluntarjoajilla kattavaa, joskin Google tukee vain kolmea ohjelmointikieltä. Windows Azure tukee lisäksi myös useita avoimen lähdekoodin liitännäispalveluita. Tuettujen ohjelmointikielten lisäksi Azure-pilvipalvelussa asiakkailta on mahdollisuus tehdä sovelluksia Azurelle käyttämällä avoimen lähdekoodin kehitysalustoja, jotka tukevat esimerkiksi C:tä ja C++:aa, tällaisia ohjelmistoja ovat esimerkiksi Apache Ant, CentOS ja Eclipse.

## 6.1 Palveluiden hinnoittelu

Vertailussa mukana olleet palveluntarjoajat laskuttavat asiakasta käytettyjen tuntien perusteella mutta palveluntarjoajat tarjoavat yleensä myös vaihtoehtoisia laskutustapoja. Tuntikohtaisen hinnoittelun lisäksi Amazon tarjoaa myös halutun instanssin varaamista ennakkoon joko yhdeksi tai kolmeksi vuodeksi. Varaamalla instanssin ennakkoon asiakas maksaa kertaluonteisen maksun ja saa vastineeksi instanssin halvemmallalla tuntimaksulla. Amazonin Micro-tason Linux-instanssin tuntikohtainen käyttömaksu on 0,020 \$ mutta sitoutumalla palveluun vuodeksi ja maksamalla 23 \$:n aloitusmaksun asiakas saa saman instanssin hintaan 0,015 \$ tuntia kohden. Micro-tason instanssissa tuntihinta on sama myös kolmen vuoden sopimuksella. Tilaamalla Micro-instanssia suurempia instansseja tuntikohtainen hinnoittelu on halvempaa myös kolmen vuoden sopimuksella, esimerkiksi Small-tason Linux-instanssin tuntikohtaisen ja kolmen vuoden sopimuksen tuntihinnan erotus on 0,031 \$.

Myös HP tarjoaa vaihtoehtoa tuntikohtaiseen hinnoitteluun. HP määrittää jokaiselle instansseilleen myös kuukausikohtaisen hinnan, joka tulee asiakkaalle edullisemmaksi jos kuukaudessa on 28 tai 30 päivää. Microsoft tarjoaa mahdollisuuden kuusi- tai kaksitoistavuotiseen sopimukseen. Palveluntarjoajat laskuttavat myös tukipalveluista. Tukipalveluiden perusominaisuudet ovat ilmaisia kuten esimerkiksi keskustelufoorumien käyttö, pääsy dokumentteihin ja tuki laskutusta koskeissa asioissa. Palveluntarjoajilla onkin valittavana monta eri tasoa tukipalveluilleen, joiden valinta riippuu siitä, mitä palveluita asiakas haluaa saada.

Edellisessä luvussa on esitetty palveluntarjoajien hinnoittelu tarjoamilleen yleisimmille palveluille. Hinnoittelussa on käytetty selkeyden vuoksi yhdysvaltain dollaria. Seuraavassa taulukossa 18 on esitettyinä palveluntarjoajien edullisimmat Linux-instanssit.

Taulukko 18. Edullisimmat Linux-instanssit.

Palveluntarjoaja (tyyppi)	Hinta \$/h	Hinta \$/kk
Amazon (Micro)	0,020	14,40
Microsoft (XS)	0,020	14,40
Google (n1-standard-1-d)	0,145	104,40
Openstack (HP XS)	0,035	25,20

Taulukosta 18 nähtävien hintojen perusteella voidaan todeta, että hinnoissa on paljon eroja. Kuukausihinnoittelussa ei ole huomioitu mahdollisia alennuksia jotka voi saada sitoutumalla palveluun pidemmällä aikavälillä. Suuret erot hinnoissa voidaan selittää sillä, että palveluntarjoajien edullisimmat instanssit eroavat toisistaan huomattavasti suorituskyvyltään. Selvästi suurempaa suorituskykyä edullisimmalle instanssille suhteessa muihin palveluntarjoajiin tarjoaa Google. Googlen n1-standard-1-d -instanssissa on keskusmuistia yli kolminkertainen määrä HP:n Extra Small -instanssiin verrattuna, joka tarjoaa Googlen jälkeen suorituskykyisimmän instanssin edullisimmassa hintaluokassa. Jokainen instanssi sisältää yhden virtuaalisen ytimen, jotka ovat noin 1 GHz suuruisia. Amazon tarjoaa hetkittäisiä käyttöpiikkejä varten prosessoritehoa 2 GHz:n asti sisältäen kuitenkin yhden virtuaalilytimen. Amazonilla on mahdollista saada vielä halvempaa tuntihintaa palveluille Spotti-hinnoittelun avulla.

## 7 YHTEENVETO

Pilvipalvelut tarjoavat yrityksille laajan tarjonnan erilaisia ominaisuuksia ja palveluita. Pilvipalveluntarjoajia on markkinoilla lukuisia ja se tekee tarjoajan valinnasta hankalaa. Palveluntarjoajan valinnan lisäksi asiakkaan täytyy tietää, minkätyyppiselle pilvipalvelulle on tarvetta ja tarvitaanko yrityksen käyttöön julkinen vai yksityinen pilvi. Julkisen pilven käyttö sopii parhaiten varsinkin pienemmille yrityksille käytön edullisuuden takia, yksityisen pilven vaatiessa oman laitteiston ja henkilökuntaa sitä hoitamaan, käyttökustannukset nousevat huomattavasti.

Pilvipalvelut ovat nykyään suosittuja ja niiden suosiolle on monia syitä. Ensinnäkin pilvipalvelut tarjoavat täyttä automatisointia yrityksen IT-tarpeille. Yritys voi keskittyä pelkästään heidän ydinliiketoimintansa kehittämiseen tarvitsematta huolehtia laitteistosta ja tietojen säilyvyydestä. Toiseksi pilvipalveluiden etuna on se, että niiden käyttö on paikasta riippumatonta. Pilvipalveluita on mahdollista käyttää missä vain kunhan päätelaitteen voi kytkeä internetiin. Päätelaitteena voi toimia niin tietokone kuin älypuhelin. Kolmanneksi pilvipalveluiden käyttöönotto on helppoa ja nopeaa. Yrityksen ei tarvitse huolehtia ohjelmistojen asennuksista eikä niiden päivittämisestä tai siitä, onko laitteisto sopiva käytettävälle ohjelmistolle.

Vertailtavien palveluntarjoajien keskeiset palvelut ovat hyvin samankaltaisia. Jokainen palveluntarjoaja tarjoaa virtuaalipalvelimia, tallennustilaa ja erilaisia käytön seurantapalveluita. Amazon on ollut alalla kauimmin mikä näkyikin Amazonin erilaisten palveluiden määrässä. Amazon tarjoaakin suurimman määrän palveluita ja ominaisuuksia verraten muihin vertailtuihin palveluntarjoajiin. Windows Azuren etuna on sen laaja tuki avoimen lähdekoodin kehitystyökaluille. Käyttäjällä on mahdollisuus luoda sovelluksia valitsemallaan ohjelmointikielellä. Microsoft tarjoaa kehitystyökaluja joilla taataan ohjelmistojen yhteensopivuus.

Vertailtavista palveluntarjoajista edullisimmat hinnat ovat Amazon AWS- ja Microsoft Windows Azure -pilvipalveluilla. Azuren instanssien hinnat ovat hieman halvempia kuin AWS:n, mutta AWS:n spotti-hinnoittelun avulla palveluita voi saada tavallista edullisemmin. Vertailun hinnakkaimmat pilvipalvelut ovat HP:llä.

Tulevaisuudessa on todennäköistä, että pilvipalveluiden käyttö kasvaa niin yritysten kuin yksittäisten kuluttajien keskuudessa. Varsinkin räjähdysmäisesti yleistyneiden älypuhelinien ansiosta nykyään moni kuluttaja käyttää pilvipalveluita tietämättään. Tarjolla on useita suosittuja pilvipalveluita hyödyntäviä sovelluksia kuten esimerkiksi Instagram, Gmail, ja sosiaalisenmedian palvelut kuten Facebook ja Twitter. Koko ajan kasvava tietoliikennemäärä asettaa haasteita niitä tarjoaville yrityksille sillä tavoitteena on taata kuluttajille katkeamaton käyttökokemus. Lisäksi pilvipalveluntarjoajille syntyy haasteita konesalien kasvavasta sähkönkulutuksesta ja lämmöntuotosta.

## LÄHTEET

Amazon.com 2013a. Amazon Web Services. EC2. Luettu 7.4.2013.  
<http://aws.amazon.com/ec2/>

Amazon.com 2013b, Amazon Web Services. EBS. Luettu 8.4.2013.  
<http://aws.amazon.com/ebs/>

Amazon.com 2013c, Amazon Web Services. S3. Luettu 8.4.2013.  
<http://aws.amazon.com/s3/>

Amazon.com 2013d, Amazon Web Services. Glacier. Luettu 12.4.2013  
<http://aws.amazon.com/glacier/>

Amazon.com 2013e, Amazon Web Services, CloudWatch. Luettu 12.4.2013  
<http://aws.amazon.com/cloudwatch/>

Chou, Y. 2010. Yung Chou on Hybrid Cloud. Cloud Computing for IT Pros. Luettu 27.4.2013. <http://blogs.technet.com/b/yungchou/archive/2010/12/17/cloud-computing-concepts-for-it-pros-2-3.aspx>

Google 2013a, Google Cloud Platform. Luettu 8.4.2013.  
<http://googleblog.blogspot.fi/2008/04/developers-start-your-engines.html>

Google 2013b, Google Cloud Platform. Luettu 8.4.2013.  
<http://googleappengine.blogspot.fi/2011/11/app-engine-160-out-of-preview-release.html>

Google 2013c, Google Cloud Platform. Luettu 8.4.2013.  
<https://cloud.google.com/products/>

Google 2013e, Google Cloud Platform. Google Compute Engine. Luettu 21.4.2013.  
<https://developers.google.com/compute/docs/overview>

Google 2013f, Google Cloud Platform. Google Compute Engine. Luettu 21.4.2013.  
<https://developers.google.com/compute/docs/instances?hl=en>

Google 2013g, Google Cloud Platform. Luettu 21.4.2013.  
<https://cloud.google.com/pricing/>

Google 2013h. Google Cloud Platform. Google Cloud Storage. Luettu 22.4.2013.  
<https://cloud.google.com/files/CloudStorage.pdf>

Google 2013i. Google Cloud Platform. Luettu 23.4.2013.  
<https://developers.google.com/storage/docs/durable-reduced-availability>

Heino, P. 2010. Pilvipalvelut. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

HP 2013a. HP Cloud. Luettu 16.4.2013.

<https://www.hpcloud.com/products>

HP 2013b. HP Cloud. Luettu 16.4.2013.

<https://www.hpcloud.com/products/cloud-compute>

HP 2013c. HP Cloud. Luettu 16.4.2013.

<https://www.hpcloud.com/pricing>

HP 2013d. HP Cloud. Object Storage. Luettu 16.4.2013.

<https://www.hpcloud.com/products/object-storage>

Krishnan, S. 2010. Programming Windows Azure. O'Reilly Media Inc.

Mather, T., Kumaraswamy, S. & Latif, S. 2009. Cloud Security and Privacy. Sebastopol: O'Reilly Media Inc.

Microsoft, Windows Azure 2013a. Luettu 8.4.2013.

<http://www.windowsazure.com/en-us/develop/net/fundamentals/intro-to-windows-azure/>

Microsoft, Windows Azure 2013b. Luettu 9.4.2013.

<https://www.windowsazure.com/en-us/develop/net/fundamentals/compute/>

Microsoft, Windows Azure 2013c Luettu 9.4.2013.

<http://www.windowsazure.com/en-us/develop/net/fundamentals/intro-to-windows-azure/#header-1>

Microsoft, Windows Azure 2013d Luettu 28.4.2013.

<https://www.windowsazure.com/en-us/pricing/overview/>

Openstack 2013a. Luettu 13.4.2013

<https://wiki.openstack.org/wiki/Releases>

Openstack 2013b. Luettu 13.4.2013.

<http://www.openstack.org/software/>

Openstack 2013c. Openstack Compute. Luettu 13.4.2013.

<http://www.openstack.org/software/openstack-compute/>

Openstack 2013d. Openstack Storage. Luettu 16.4.2013.

<http://www.openstack.org/software/openstack-storage/>

Openstack 2013e. Openstack Dashboard. Luettu 16.4.2013.  
<http://www.openstack.org/software/openstack-dashboard/>