

Julius Meriläinen

PILVI-INFRASTRUKTUURI WEB-SOVELLUKSELLE

Palveluntarjoajien vertailu ja valinta

PILVI-INFRASTRUKTUURI WEB-SOVELLUKSELLE

Palveluntarjoajien vertailu ja valinta

Julius Meriläinen
Opinnäytetyö
Kevät 2025
Tietojenkäsittelyn tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittely

Tekijä(t): Julius Meriläinen
Opinnäytetyön nimi: Pilvi-infrastruktuuri web-sovellukselle
Työn ohjaaja(t): Perttu Hietala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2025

Sivumäärä: 61

Tässä työssä tarkastellaan web-sovelluksen pilvi-infrastruktuurin ydintoimintoja – datan ja tiedostojen tallennusta, tiedostojen jakelua, automaattisten sähköpostiviestien lähettämistä ja palvelinkoodin ajoympäristöä – jotka muodostavat tyypillisen perustan, jolle nykyaikainen sovellusarkkitehtuuri rakentuu. Työn käytännön kehyksenä eli kohdesovelluksena toimii muotia käsittelevä alusta, jonka ydin on kuvien jakaminen ja selaaminen.

Työn tavoitteena oli vertailla palveluntarjoajia kohdesovelluksen tarpeiden näkökulmasta ja tunnistaa kunkin kategorian palveluntarjoajat, jotka tarjosivat parhaan kehittäjäkokemuksen, hintalaatusuhteen ja kokonaisuuden kohdesovellukselle.

Työn tietoperusta käsitteli pilvi-infrastruktuurin ydintoimintoja sekä niiden merkitystä sovellukselle, kehittäjille ja loppukäyttäjille. Se koostui alan kirjallisuudesta sekä verkkolähteistä ja ohjasi vertailua tunnistamalla kategoriakohtaiset huomionkohteet sekä kytkemällä ydintoiminnot vertailun tuotekategorioiden (esim. datan tallennus = tietokantapalvelu).

Vertailu toteutettiin kahdessa vaiheessa: valinta- ja arviointivaiheessa. Valintavaiheessa verkkolähteiden perusteella valittiin kuhunkin kategoriaan 3–6 palveluntarjoajaa. Arviointivaiheessa kuhunkin palveluun perehdyttiin tarkemmin ja palvelut pisteytettiin asteikolla 1–5 viidellä osa-alueella: kehittäjäkokemus, dokumentaatio, lisäominaisuudet, hinnoittelu ja kokonaisvaikutelma. Aineisto koostui pääasiassa palveluntarjoajien virallisista lähteistä ja käytännön testauksesta, jossa palvelut integroitiin demosovellukseen, joka oli yksinkertainen HTTP-rajapinta.

Työn tuloksena syntyi suositus viidestä kohdesovellukselle parhaasta palvelusta, yksi kustakin kategoriasta. Parhaat pisteet selittyivät erinomaisella kehittäjäkokemuksella, läpinäkyvällä hinnoittelulla ja käyttöönoton suoraviivaisuudella. Hallinnoiduksi PostgreSQL-tietokannaksi valikoitui Crunchy Bridge, objektivarastoksi Backblaze B2, sisällönjakeluverkoksi Bunny.net, transaktiosähköpostipalveluksi Scaleway TEM ja PaaS-alustaksi Koyeb.

Vertailu osoittaa, että kärkipalvelut ovat tasavahvoja ja paras valinta määräytyy projektin painotuksista (esim. kustannus vs. kehittäjäkokemus). Työn suositukset ja 25 palvelun vertailu toimivat päätöksenteon tukena myös muille kehittäjäkeskeisille projekteille, kun kriteerien painotuksia säädetään.

Asiasanat: PaaS, objektivarasto, pilvi-infrastruktuuri, PostgreSQL-tietokanta, sisällönjakeluverkko, transaktiosähköposti

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Business Information Systems

Author(s): Julius Meriläinen
Title of thesis: Cloud-based infrastructure for web app
Supervisor(s): Perttu Hietala
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2025
Number of pages: 61

This thesis examined the core cloud infrastructure building blocks of a web application— data and file storage, content distribution, transactional email, and runtime platform for server-side code—which underpin modern application architectures. The practical context was provided by a fashion-focused application centered on sharing and browsing images.

The objective was to compare providers against the target application's needs and to identify, in each category, the options that offered the best developer experience, value for money, and overall fit. The knowledge base was compiled from industry literature and web sources and was used to guide the comparison by identifying category-specific points of attention and by mapping core functionality to the product categories used in the comparison (e.g., data storage = database service).

A two-phase process was used: selection and evaluation. In the selection phase, 3–6 providers per category were shortlisted based on web sources. In the evaluation phase, services were examined in depth and were scored on five dimensions: developer experience, documentation, additional features, pricing, and overall impression. Evidence consisted mainly of official vendor materials and hands-on tests in which each service was integrated into a demo application exposing a simple HTTP API.

The result was a set of recommendations—one per category—for the target application: Crunchy Bridge (managed PostgreSQL), Backblaze B2 (object storage), Bunny.net (CDN), Scaleway TEM (transactional email), and Koyeb (PaaS). The comparison indicates that leading services are closely matched, and the optimal choice depends on project priorities (e.g., cost vs. developer experience). The recommendations and the review of 25 providers serve as practical decision support for developer-centric projects.

Keywords: PaaS, cloud infrastructure, PostgreSQL database, content delivery network, transactional email

Keskeiset käsitteet

ACID	Tietokantatransaktioiden ominaisuuskokonaisuus (atomisuus, eheys, eristyvyys, pysyvyys), joka takaa luotettavan ja johdonmukaisen tietojen käsittelyn.
Backend	Sovelluksen palvelinpuoli, joka hoitaa liiketoimintalogiikan, tietojen käsittelyn ja API-rajapinnat.
DDoS	Hajautettu palvelunestohyökkäys, jossa suuri määrä verkkoliikennettä ylikuormittaa palvelun estäen sen normaalin käytön.
DMARC	Sähköpostin todennus- ja raportointistandardi, joka hyödyntää SPF- ja DKIM-tuloksia ja ohjeistaa vastaanottajaa käsittelemään väärennettyä postia.
Frontend	Sovelluksen asiakaspuoli ja käyttöliittymä.
IOPS	Tallennusjärjestelmän suorituskykymittari, joka kertoo sekunnissa suoritettavien I/O-operaatioiden määrän.
Kehittäjäkokemus (DX)	Kehittäjien kokema sujuvuus ja tyytyväisyys työkaluihin, prosesseihin, dokumentaatioon ja API:eihin, mikä vaikuttaa suoraan tuottavuuteen.
Konversioprosentti	Osuus käyttäjistä, jotka tekevät halutun toimenpiteen (esim. osto, rekisteröinti) kaikista kävijöistä.
Kyselykieli	Ohjelmointikieli datan hakemiseen ja muokkaamiseen tietokannoista
Käytettävyysaste (uptime)	Prosenttiosuus ajasta, jolloin palvelu on toiminnassa ja käyttäjien saavutettavissa määritellyllä jaksolla.
Lazy Loading	Resurssien lataaminen vasta, kun niitä tarvitaan (esim. näkyviin tullessa) suorituskyvyn parantamiseksi.
Lukureplika	Tietokannan read-only-kopio, joka palvelee lukuja ja keventää pääpalvelimen kuormaa.

OCI-pohjainen	Open Container Initiative -spesifikaatioiden kanssa yhteensopiva kontti tai toteutus.
Toimittajalukko	Tilanne, jossa asiakas on sidottu tiettyyn toimittajaan korkeiden siirtymiskustannusten, suljettujen rajapintojen tai heikon datan siirrettävyyden vuoksi.
Verkkotunnuksen maine	Ohjaa sähköpostipalveluiden suodatusta ja viestien toimitettavuutta kyseisen verkkotunnuksen sähköpostiviestien osalta.
Yhteysallas	Etukäteen luotu ja kierrätettävä joukko palvelinyhteyksiä, joka vähentää yhdistämisviivettä ja parantaa suorituskykyä.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	11
3	KOHDESOVELLUS	12
3.1	Teknologiapino	12
4	BACKEND-INFRASTRUKTUURIN YDINTOIMINNOT	14
4.1	Datan tallennus	15
4.2	Tiedostojen tallennus	16
4.3	Tiedostojen jakelu	18
4.4	Automaattiset sähköpostiviestit	20
4.5	Konttipohjainen ajoympäristö	21
5	PALVELUNTARJOAJIEN VERTAILUTUTKIMUS	25
5.1	Vertailtavat osa-alueet ja arviointikriteerit	25
5.2	Aineistonkuvaus	31
5.3	Tutkimuksen kulku.....	32
5.4	Palveluntarjoajien valintavaihe	33
5.5	Vertailuun valitut palveluntarjoajat.....	34
6	VERTAILUN TULOKSET.....	36
6.1	Relaatiotietokantapalvelut (PostgreSQL).....	36
6.1.1	Supabase.....	36
6.1.2	Railway	37
6.1.3	Render.com	38
6.1.4	Scalegrid.....	38
6.1.5	Vultr	39
6.1.6	Crunchy Data	39
6.2	Objektivarastopalvelut	40
6.2.1	Backblaze B2	40
6.2.2	Cloudflare R2.....	41
6.2.3	Vultr Object Storage.....	41
6.2.4	Scaleway Object Storage.....	42
6.3	Sisällönjakeluverkot (CDN).....	42
6.3.1	Bunny.net.....	43

6.3.2	Cloudflare CDN	43
6.3.3	Gcore Edge Network CDN	44
6.3.4	KeyCDN	44
6.3.5	Fastly CDN.....	44
6.4	Transaktiosähköpostien välityspalvelut	45
6.4.1	Scaleway TEM	45
6.4.2	Brevo	46
6.4.3	Postmark.....	46
6.4.4	AWS SES.....	47
6.4.5	Resend	47
6.5	Konttipohjaiset pilvipalvelualustat (PaaS).....	48
6.5.1	Railway	48
6.5.2	Fly.io	49
6.5.3	Koyeb.....	49
6.5.4	Render.com	50
6.5.5	DigitalOcean App Platform.....	50
6.6	Tulosten johtopäätökset	51
7	POHDINTA JA YTEENVETO	53
	LÄHTEET.....	55

1 JOHDANTO

Pilvipalveluiden käyttö on kasvanut merkittävästi viimeisen vuosikymmenen aikana erityisesti sen tarjoaman joustavan kustannusrakenteen ansiosta (Begin, Brandwajn & Tchana 2022, 1). Lisäksi pilvipalveluiden muut edut, kuten skaalautuvuus, luotettavuus, joustavuus ja ketteryden edistäminen, ovat tehneet niistä houkuttelevan ratkaisun monille organisaatioille (Erl & Barceló Monroy 2023, luku 3). Erityisesti startup-yrityksille pilvipalveluiden tarjoamat hyödyt, kuten joustava hinnoittelu ja teknisen osaamisen tarpeen vähentyminen, ovat tärkeitä, sillä ne edesauttavat toiminnan käynnistämistä ja markkinoille pääsyä (Antikainen 2022, 11, 16).

Pilvipalveluiden markkinaosuutta hallitsevat kolmen teknologiajätin pilvialustat: Amazon Web Services (Amazon), Azure (Microsoft) ja Google Cloud Platform (Google) (Synergy Research Group 2024), jotka tarjoavat satoja eri tuotteita ja palveluita (AWS 2024a; Microsoft 2024; Google Cloud 2024). Laajan valikoiman ja sen hallinnan monimutkaisuuden ansiosta on syntynyt työkaluja ja ammatteja, joiden tehtävänä on hallinnoida pilvipalveluita (Coursera 2023; SST 2024). On olemassa myös pienempiä toimijoita, kuten Heroku ja Railway, joiden markkinointi ja tuotteet pohjautuvat pilvipalveluiden yksinkertaisempaan hallintaan ja parempaan kehittäjäystävällisyyteen verrattuna suuriin toimijoihin (Heroku 2024; Railway 2024). Laajan valikoiman keskellä oikeiden palvelujen valinta on haastavaa – erityisesti aloitteleville kehittäjille ja opiskelijoille – joten valinnoissa on painotettava sekä projektin vaatimuksia että kehittäjäkokemusta, jotta kokonaisuus pysyy hallittavana ja ylläpidettävänä.

Tämän opinnäytetyön aiheena on eri pilvipalveluiden ja palveluntarjoajien tuotteiden vertailu kehitteillä olevan sovelluksen backend-infrastruktuurin näkökulmasta (myöhemmin kohdesovellus). Työssä tutustutaan ensin kohdesovellukseen, sen asettamiin teknologisiin vaatimuksiin ja backendin ydintoimintoihin. Nämä ydintoiminnot kytkeytyvät suoraan vertailtaviin tuotekategorioiden. Vertailun tulosten pohjalta tehdään suositus kohdesovellukselle sopivimmista palveluista.

Opinnäytetyö rakentuu kohdesovelluksen backendin ympärille. Aluksi käsitellään työn lähtökohdat ja tavoitteet, jotka ohjaavat kokonaisuutta. Tämän jälkeen esitellään kohdesovelluksen teknologia-pino ja sen asettamat vaatimukset vertailulle. Työn teoriaosuus syventyy backend-infrastruktuurin ydintoimintoihin yleisellä tasolla sekä kehitysprosessin ja loppukäyttäjäkokemuksen näkökulmista.

Toiminnallisessa osuudessa toteutetaan vertailututkimus, jonka kriteerit ja kategoriat johdetaan teoriaosuuden tietoperustasta ja kohdesovelluksen vaatimuksista. Vertailu kohdistuu viiteen tuotekategoriaan: relaatiotietokantaan, objektivarastoon, sisällönjakeluverkkoon, transaktiosähköposteihin sekä konttipohjaiseen pilvipalvelusalustaan. Tulokset raportoidaan kategorioittain ja palvelukohtaisesti: kunkin palvelun pisteet ja keskeiset huomiot esitetään lyhyenä koosteena. Kohdesovellukselle suositeltavat palvelut kootaan toiminnallisen osuuden johtopäätöksiin. Yhteenvedossa tarkastellaan työn laajuutta ja rajoitteita sekä niiden vaikutusta tulosten tulkintaan. Lopuksi tiivistetään keskeiset opit ja työn sovellettavuus muihin projekteihin.

2 LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

Työn aihe ja tutkimusongelma lähtivät omasta kokemuksestani sovelluskehityksessä: sain projektit rakennettua, mutta tuotantoon vieminen ja sopivien pilvipalveluiden valinta olivat yllättävän työläitä. Haasteita lisäsivät harrastebudjettiin nähden palveluiden korkeat kustannukset sekä vaihtoehtojen suuri määrä.

Opinnäytetyön taustalla oleva kohdesovellus on henkilökohtainen projektini, jota aloin suunnitella ja kehittää vapaa-ajallani jo ennen opinnäytetyön aloittamista. Tavoitteeni oli oppia uutta ja syventää ymmärrystäni ohjelmistoprojektin vaiheista: suunnittelusta, kehityksestä ja tuotantoon viennistä. Muutaman kuukauden kehitystyön jälkeen halusin viedä taustapalvelut (backendin) tuotantoon, mikä edellytti sopivan pilvi-infrastruktuurin valintaa ja rakentamista. Huomasin pian, että vallinnan vaikeus ja kiinnostukseni aiheeseen tarjosivat luontevan lähtökohdan tälle opinnäytetyölle. Lisäksi kiinnostukseni ohjelmistoprojekteissa on painottunut juuri koodin ja pilvipalveluiden väli- maastoon, ns. DevOps-maailmaan.

Työn tavoitteena on tunnistaa soveltuvimmat pilvi-infrastruktuuripalvelut, jotka mahdollistavat kohdesovelluksen ketterän ja kustannustehokkaan kehittämisen sekä tarjoavat hyvän kehittäjäkokemuksen (DX). Kehittäjäkokemusta painotetaan, koska nämä palvelut ovat kehittäjien päivittäisiä työkaluja. Omakehityksen perusteella muuten toimivia palveluja olen joutunut välttämään heikon kehittäjäkokemuksen vuoksi. Esimerkiksi käyttöönotto on ollut mutkikas, dokumentaatio puutteellinen tai virheviestit epäselviä. Siksi toteutettavassa vertailussa arvioidaan sekä tekniset ominaisuudet että kehittäjäkokemuksen keskeisiä osa-alueita.

Tavoitteen saavuttamiseksi toteutetaan vertailututkimus viidessä pilvi-infrastruktuurin tuotekategoriassa: relaatiotietokanta, objektivarasto, sisällönjakeluverkko (CDN), transaktiosähköpostien välitys ja konttipohjainen pilvipalvelualusta. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Mitkä palvelut ja palveluntarjoajat soveltuvat parhaiten kohdesovelluksen vaatimukseen, kehittäjätiimin tarpeisiin ja käytävissä oleviin resursseihin?
- Miten palvelut eroavat toisistaan kustannusten, kehittäjäkokemuksen ja ominaisuuksien osalta?

3 KOHDESOVELLUS

Kohdesovellus on muotiin ja pukeutumiseen keskittyvä alusta, jossa käyttäjät voivat jakaa kuvia ja videoita asukokonaisuuksista, seurata suosikkivaikuttajia ja -suunnittelijoita sekä hakea inspiraatiota eri tyyleistä ja trendeistä. Tässä työssä se toimii ennen kaikkea käytännön kehyksenä modernin web-sovelluksen pilvi-infrastruktuurin tarkastelulle. Itse sovelluksen aihepiiri ja idea eivät ole työn kannalta merkityksellisiä. Teknologiaapino sen sijaan on merkityksellinen, sillä se määrittää ne tuotekategoriat, joita vertailussa käsitellään. Lisäksi kohdesovelluksen infrastruktuurin keskeiset ydintoiminnot ja vaatimukset toimivat pohjana viitekehykselle. Sovellus edellyttää (1) luotettavaa tietokantapohjaista datan tallennusta, (2) mediasisällön (kuvat, videot) tallennusta ja globaalia jakelua, (3) automaattisia transaktiosähköposteja sekä (4) skaalautuvaa, konttipohjaista ajoympäristöä backend-koodille. Nämä vaatimukset ovat tyypillisiä monille moderneille sovelluksille, minkä vuoksi vertailun havainnot ovat sovellettavissa myös muihin samankaltaisiin sovelluksiin ja arkkitehtuureihin.

3.1 Teknologiaapino

Teknologiaapino kuvaa teknologioita, joita käytetään sovellusten ja digitaalisten alustojen kehittämisessä. Yksi keskeinen piirre teknologiaapinoon liittyen on teknologioiden vaihdettavuus, joka tarkoittaa, että yksi teknologia voidaan korvata vaihtoehtoisella teknologialla. (Nikulchev, Ilin & Gusev 2021, 1.) Kohdesovelluksen tapauksessa teknologiaapino on rakentunut web-teknologioiden ympärille. Web-sovelluksen kehittäminen tarjoaa nopeamman tien sovelluksen saattamiseksi käyttäjien käsiin verrattuna natiivisovelluksen kehittämiseen. Kolmas vaihtoehto olisi ollut hybridisovelluksen kehittäminen, joka tarjoaisi samoja ja hieman parempia ominaisuuksia kuin web-sovellus. (AWS 2024b.) Web-sovellukseen kuitenkin päädyttiin, sillä se vastasi parhaiten omaa osaamisaluetani, mikä puolestaan nopeuttaa kehitystyötä. Lisäksi web-sovelluksessa syntynyttä frontend-koodia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää hybridisovelluksen kehityksessä. Teknologiaapino ei aina kuitenkaan rakennu pelkästään kehittäjätiimin osaamisen pohjalta, vaan projektin vaatimuksilla on merkittävä painoarvo sen valinnoissa. Esimerkiksi jos kehitettävän sovelluksen tärkeimpiin vaatimuksiin kuuluvat suuri suorituskyky ja skaalautuvuus, tulisi teknologiaapino rakentaa tukemaan niitä. Kohdesovelluksen tapauksessa teknologiaapino oli rakentunut ennen varsinaisia vaatimuksia.

Kohdesovelluksen teknologiapinon kahdella valinnalla on vertailun kannalta suurin rajaava vaikutus: tietokannalla ja backendin ajotavalla. Ne määrittävät tarkasteltavat tuotekategoriat ja siten myös mahdolliset palveluntarjoajat. Muut teknologiapinon osat – objektivarasto, sisällönjakeluverkko ja transaktiosähköpostit – ovat toteutukseltaan standardisoituneempia eivätkä rajaa vertailua yhtä voimakkaasti.

Kohdesovelluksen relaatiotietokantana käytetään PostgreSQL:ää, joka on vuonna 1995 julkaistu avoimen lähdekoodin tietokantamootori (The PostgreSQL Global Development Group 2024). PostgreSQL on valittu suosituimmaksi tietokannaksi Stack Overflow'n Developer Survey -kyselyssä vuonna 2025 (Stack Exchange Inc. 2025). Työn näkökulmasta valintaa puoltavat sen SQL- ja ACID-tuki, pitkä kehityshistoria sekä laaja ekosysteemi ja monipuoliset työkalut. Koska tietokantatyypinä on PostgreSQL, vertailu rajataan datan tallennuksen osalta hallinnoituihin PostgreSQL-palveluihin.

Backendin ajoympäristönä käytetään Node.js:ää, avointa JavaScript-pohjaista ajoympäristöä, joka julkaistiin vuonna 2009. Node.js:n tapahtumavetoinen (event-driven) ja ei-estävä I/O-malli soveltuu hyvin HTTP-rajapintojen toteuttamiseen. (OpenJS Foundation 2025.) Tässä työssä ajoympäristön valinnan merkitys on kuitenkin rajallinen: sen tehtävä on ajaa palvelinpuolen sovelluslogiikkaa ja tarjota HTTP-rajapinnat frontendille. Kohdesovellukselle Node.js valittiin, koska osaamiseni painottuu JavaScript-ekosysteemiin.

Vertailun kannalta ajoympäristöä merkittävämpää on ajotapa, eli miten backend-koodi ajetaan tuotannossa. Kohdesovelluksessa ajotapa on konttipohjainen: Node.js-koodi pakataan konttikuvaksi ja ajetaan kontissa eristettynä muista prosesseista, mikä parantaa siirrettävyyttä, toistettavuutta ja skaalautuvuutta (Susnjara & Smalley 2024). Koska ajotapa on konttipohjainen, vertailu rajataan ajoympäristön osalta konttipohjaisiin pilvipalvelualustoihin, jotka tukevat OCI-yhteensopivia kontteja, kuten Docker-kontteja.

4 BACKEND-INFRASTRUKTUURIN YDINTOIMINNOT

Tässä teoriaosuudessa tarkastellaan viittä kohdesovelluksen backend-infrastruktuurin ydintoimintoa:

1. Datatallennus – relaatiotietokanta
2. Tiedostojen tallennus – objektivarasto
3. Tiedostojen jakelu – sisällönjakeluverkko (CDN)
4. Automaattiset sähköpostiviestit – transaktiosähköposti
5. Konttipohjainen ajoympäristö – PaaS-alusta

Ydintoimintojen läpikäynti on välttämätöntä, koska niiden toteutustavat ja erityispiirteet ohjaavat palveluntarjoajien valintaa myöhemmässä vertailututkimuksessa. Ensimmäinen on siis ymmärrettävä, mistä toiminnossa on kyse ja mitä vaatimuksia se asettaa, jotta valinta- ja arviointikriteereitä voidaan soveltaa kuhunkin tuotekategoriaan sopivaksi.

Käsiteltävät toiminnot muodostavat kohdesovelluksen teknisen selkärangan ja esiintyvät yleisesti modernien pilvipohjaisten järjestelmien teknologiapinoissa. Projektikohtaiset tarpeet kuitenkin vaihtelevat: yhdessä hankkeessa saatetaan hyödyntää lisäksi välimuistipalvelua, kun taas toisessa automaattiset sähköpostit voivat olla tarpeettomia. Tässä työssä keskitytään kuitenkin edellä listattuihin viiteen peruspalveluun, koska ne ovat kriittisiä kohdesovelluksen toiminnalle ja täten suoraan sidoksissa vertailututkimuksen tuotekategoriaihin.

Seuraavissa alaluvuissa kutakin ydintoimintoa tarkastellaan teknisestä ja käytännön näkökulmasta käyttäen apuna seuraavia kysymyksiä:

- Sovelluksen toiminta – Miksi komponentti on välttämätön ja mitä se mahdollistaa?
- Loppukäyttäjä – Miten komponentti vaikuttaa käyttäjän havaitsemaan käyttökokemukseen?
- Kehittäjä – Miten komponentti vaikuttaa kehitykseen ja ylläpitoon?
- Huomionarvoiset seikat – Mitkä erityiset tekniset tai ei-tekniset tekijät on syytä pitää mielessä myöhempiä arviointia varten?

Tämän rakenteen ansiosta teoriaosuudesta muodostuu yhtenäinen kokonaisuus, joka selkeyttää kunkin toiminnon merkityksen kohdesovellukselle sekä luo perustan palveluntarjoajien vertailulle.

4.1 Datan tallennus

Monet sovellukset ovat dataintensiivisiä, jolloin datan valtava määrä, monimutkaisuus ja nopea muutosvauhti aiheuttavat usein haasteita (Kleppmann 2017, luku 1). Dataa kertyy jatkuvasti monista lähteistä, kuten käyttäjien ja palveluiden välisestä vuorovaikutuksesta ja taustalla toimivista algoritmeista. Esimerkiksi Netflix analysoi käyttäjien katselutottumuksia tarjotakseen henkilökohtaisia elokuvasuosituksia (Pan, Tang, Wang & Basilio 2024) ja Pinterest hyödyntää käyttäjien toiminnan perusteella kertyvää dataa hakutulosten parantamiseen (Churchill 2018). Dataa prosessoidaan algoritmien avulla, jolloin se jalostuu jälleen uudeksi dataksi (Kleppmann 2017, luku 11).

Tämän datan tallentamiseen ja käsittelyyn voidaan käyttää useita teknologioita, kuten tietokantoja, viestijonoja (message queues) ja välimuisteja (cache) (Kleppmann 2017, luku 1). Kaikilla näillä teknologioilla on oma roolinsa datan elinkaaren aikana, mutta tietokannat muodostavat datan tallennuksen perustan. Ne mahdollistavat suurten datamäärien tehokkaan ja jäsennellyn tallennuksen, samalla varmistuen, että tallennettu data pysyy virheettömänä ja on aina saatavilla. Lisäksi tietokannat tarjoavat laajan valikoiman työkaluja ja ominaisuuksia datan hyödyntämiseen, kuten kyselykieliä, indeksejä ja optimointitekniikoita. (Petrov 2019, luku 1.)

Yleisesti käytössä olevat tietokannat voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan: relaatiotietokannat, dokumenttitietokannat ja graafitietokannat (Kleppmann 2017, luku 2). Relaatiotietokannat edustavat perinteistä tietokantateknologiaa, joka on ollut käytössä jo 1970-luvulta lähtien. Niiden rinnalle on kuitenkin kehitetty uusia tietokantateknologioita, jotka on suunniteltu ratkaisemaan erityisiä haasteita, joissa relaatiotietokannat eivät ole tehokkaita. (Kelly 2022.) Esimerkiksi tuotesuosittelun luomisessa graafitietokanta voi olla tehokkaampi ratkaisu kuin relaatiotietokanta (Oracle 2021).

Sovellusten loppukäyttäjille data ja tietokannat ilmenevät monien toimintojen ja ominaisuuksien kautta. Esimerkiksi Instagramin suositukset pohjautuvat algoritmeihin, jotka analysoivat käyttäjien tuottamaa dataa, kuten tykkäyksiä ja selaushistoriaa. Tämä data tallennetaan tietokantoihin, minkä vuoksi tietokannoilla on olennainen rooli suositusten luomisessa (Instagram Engineering 2011; 2015). Samoin WhatsAppin reaaliaikainen viestintä toimii hajautettujen tietokantojen avulla, jotka tallentavat ja synkronoivat viestit eri laitteiden välillä lähes välittömästi (Lavrik 2018). Tietokannat mahdollistavat myös monia muita tuttuja ominaisuuksia, kuten hakutoiminnot ja käyttäjäprofiilit. Ilman tietokantojen kykyä tallentaa ja käsitellä valtavia määriä dataa monet nykyiset digitaaliset palvelut eivät voisi toimia. (Kleppmann 2017, luku 1.)

Tietokannat ovat keskeisessä roolissa myös sovelluskehityksen kaikissa vaiheissa. Kehityksen alkuvaiheessa tietokannan suunnittelu on kriittinen tehtävä, sillä sen avulla määritellään, miten dataa tallennetaan, organisoidaan ja haetaan sovelluksessa. Suunnittelussa otetaan huomioon sovelluksen suorituskyky, skaalautuvuus ja tulevaisuuden kehitystarpeet. (Kleppmann 2017, luku 2.) Se, kuinka hyvin tietokantarakenne (schema) on suunniteltu, määrittää, miten dataa käsitellään ja mitä sen avulla voidaan tehdä (Kleppmann 2017, luku 2 & 3).

Sovelluskehityksen edetessä tietokantojen rooli ei vähene, vaan ne vaativat jatkuvaa ylläpitoa ja optimointia. Tämä sisältää esimerkiksi tietoturvan varmistamisen, varmuuskopioiden hallinnan ja suorituskyvyn seuraamisen. (Kleppmann 2017, luku 1.) Toimintahäiriöt voivat heijastua suoraan sovelluksen toimintaan, mikä voi aiheuttaa merkittäviä haittoja loppukäyttäjille ja liiketoiminnalle (Switzer 2025). Tämän vuoksi tietokantojen korkea käytettävyys (uptime) ja luotettavuus ovat kriittisiä sovelluskehityksen näkökulmasta.

Tietokantojen palveluntarjoajien vertailussa on tärkeää kiinnittää huomiota suorituskykyyn, skaalautuvuuteen ja kustannusten ennakoitavuuteen. Palveluntarjoajan on tuettava sovelluksen nykyisiä ja tulevia tarpeita sekä tarjottava samalla korkea käytettävyys ja kilpailukykyinen hinnoittelu. Lisäksi ylläpitopalvelut, -työkalut ja saatavilla olevat tukipalvelut ovat keskeisiä arviointikriteerejä. Eriyistä huomiota tulee kiinnittää myös varmuuskopiointiin ja sen hallintaan. Suorituskyvyn ja käytettävyyden arviointi vaatii usein pitkäaikaista testausta, mutta jos tähän ei ole aikaa, muiden kehittäjien ja yritysten kokemukset voivat tarjota arvokasta lisätietoa.

4.2 Tiedostojen tallennus

Tiedostojen, kuten kuvien, videoiden ja muun digitaalisen sisällön, tallentaminen on keskeinen osa monenlaisten palveluiden toimintaa. Oli kyseessä sitten verkkokauppa, viestintäsovellus tai sosiaalisen median alusta, ovat tiedostojen sujuva hallinta ja turvallinen tallennus kriittisen tärkeitä monien sovellusten toimivuuden, liiketoiminnan ja käyttäjäkokemuksen kannalta. Käyttäjän näkökulmasta tiedostojen ja sisällön tulisi olla aina saatavilla, kun niitä tarvitaan. Jos tiedostoja tai sisältöä ei voi nopeasti tarkastella tai ne katoavat, voi käyttäjä kokea sovelluksen epäluotettavaksi ja turhauttavaksi, mikä voi pahimmillaan johtaa käyttäjäkunnan vähentymiseen. Käyttäjät olettavat, että esimerkiksi sosiaalisen median kanavaan tallennettu kuva pysyy tallessa, kunnes se erikseen poistetaan.

Ohjelmistokehityksessä tiedostojen tallentamiseen käytetään useita teknologioita. Yleisempiä ratkaisuja ovat objektivarastot, tiedostojen tallentaminen suoraan palvelimen levytilaan tai verkkolevyille, sekä joissakin tapauksissa myös tiedostojen tallentaminen suoraan tietokantaan voi olla toimiva ratkaisu. Nykyaikaisissa pilvipohjaisissa sovelluksissa objektivarastojen hyödyntäminen on kuitenkin suosittu tapa kaikenlaisen datan tallentamiseen. Objektivarastojen edut, kuten rajaton skaalautuvuus, luotettavuus ja helppokäyttöinen rajapinta, tekevät niistä oivan ratkaisun moniin käyttökohteisiin (AWS 2024c; IBM 2024).

Objektivarastojen arkkitehtuuri perustuu siihen, että jokainen tiedosto tallennetaan erillisenä objektina, johon voidaan liittää metatietoja, kuten luontipäivä tai tageja, jotka kuvaavat tiedoston sisältöä (Mesnier, Ganger, & Riedel 2003; Cloudflare 2024b). Tämän arkkitehtuurin ansiosta objektivarastoon voidaan tallentaa tehokkaasti suuria määriä dataa, jota voidaan hyödyntää myöhemmin esimerkiksi analytiikassa ja koneoppimisessa (AWS 2024c). Tiedostoihin pääsy ja niiden hallinta tapahtuvat yksinkertaisesti URL-osoitteiden avulla, mikä tekee ratkaisusta tehokkaan ja mahdollistaa vaivattoman integroinnin erilaisiin käyttökohteisiin ja teknologiapinoihin. Useilla objektivarastopalveluilla on omat HTTP-protokollaan perustuvat rajapintansa, mutta monet tukevat myös AWS S3 -rajapintaa (Backblaze 2024; Cloudflare 2024a), joka on laajasti käytössä sen pitkän historian ja menestyksen vuoksi (AWS 2006; Colvin 2022).

Kehitystyön näkökulmasta objektivarastojen käyttö on varsin yksinkertaista, sillä ne hyödyntävät tuttua HTTP-protokollaa ja URL-osoitteita. Useimmiten kehittäjälle riittää perehtyminen palvelun rajapinnan dokumentaatioon, koska tiedostojen hallintaan voidaan käyttää tuttuja HTTP-metodeja, kuten GET, PUT ja DELETE. Lisäksi metatietoja voidaan hyödyntää useilla tavoilla, kuten tiedostojen automaattiseen poistamisessa tai niiden siirtämisessä edullisempaan säilytystilaan, mikä auttaa vähentämään kuluja.

Objektivarastojen palveluntarjoajien vertailussa on tärkeää kiinnittää huomiota muutamiin seikkoihin. Ensinnäkin luotettavuus on keskeinen tekijä, sillä tiedostojen tulisi olla aina saatavilla ja turvassa. Lisäksi palveluntarjoajan käytettävyyssasteen tulisi olla korkea, sillä heikko käytettävyyssaste tai datan tuhoutuminen voi vaarantaa kehitettävän sovelluksen toiminnan ja käyttäjäkokemuksen. Toiseksi on syytä huomioida palvelun skaalautuvuus ja kustannukset, sillä käyttäjäkunnan ja data määrän kasvaessa se näkyy suoraan objektivaraston toiminnassa ja kustannuksissa.

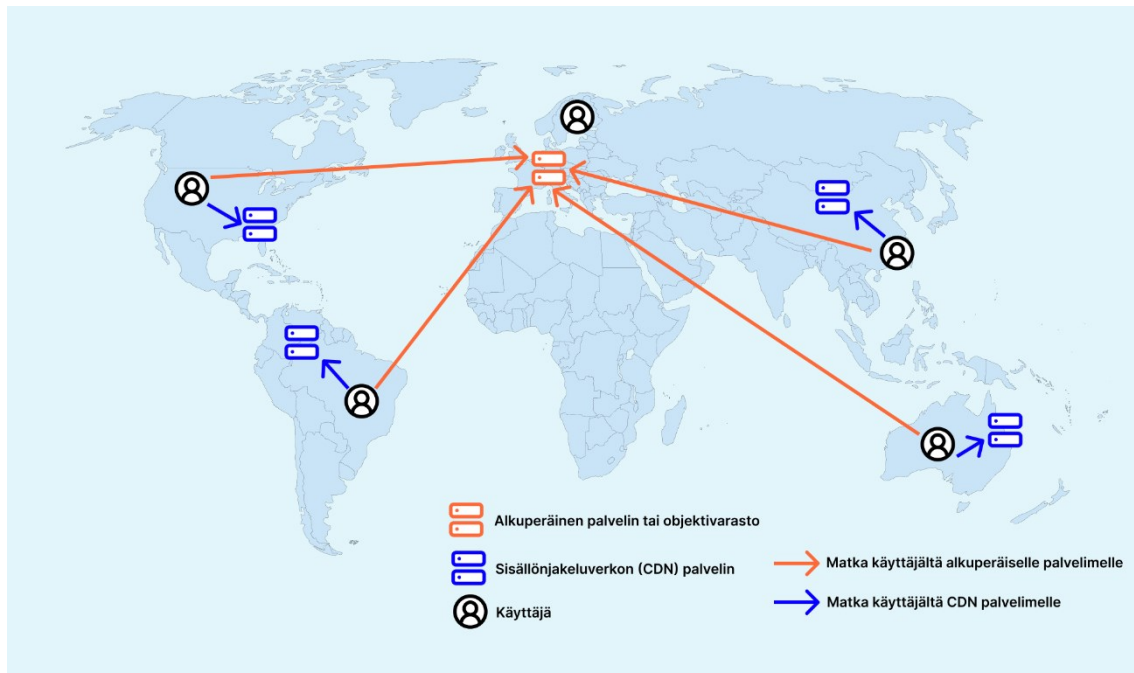
Objektivarastojen palveluntarjoajien luotettavuuden ja käytettävyyssasteen arvioiminen voi olla haastavaa, joten muiden kehittäjien ja yritysten kokemukset ovat arvokkaita viitteitä palveluntarjoajan laadusta. Lisäksi on hyödyllistä tutkia, tarjoaako palveluntarjoaja lisäpalveluja, kuten varmuuskopiointeja tai automaatiota tukevia ominaisuuksia, jotka voivat sujuvoittaa sovelluksen ylläpitoa ja yksinkertaistaa kehitystyötä.

4.3 Tiedostojen jakelu

Verkkosivujen ja sovellusten vasteaika (response time) on kriittinen tekijä käyttäjäkokemuksen ja liiketoiminnan kannalta. Vasteaika ja sisällön nopea näkyminen vaikuttavat suoraan palveluiden konversioprosentteihin ja käyttömukavuuteen. Jokainen lisäsekunti, jonka käyttäjä joutuu odottamaan, voi heikentää konversiota ja vähentää palvelun houkuttelevuutta. (Cloudflare 2024c; Nielsen 2010; Wilson 2024). Tästä syystä on erityisen tärkeää, että sovellukset ja niiden sisältö latautuvat mahdollisimman nopeasti ja tehokkaasti.

Kohdesovelluksen tapauksessa yksi suurimmista käyttäjäkokemukseen vaikuttavista tekijöistä on sisällön, eli kuvien, latausnopeus. Käyttäjän avatessa sovelluksen kuvapostaukset tulisivat näkyä lähes välittömästi. Nielsenin (2010) mukaan kuvat eivät yleensä ole merkittävin syy sivustojen hitaaseen latautumiseen. Kohdesovelluksen tapauksessa kuvien nopea latautuminen on kuitenkin erityisen tärkeää, sillä sovelluksen ydinidea perustuu pitkälti kuviin. Kuvitellaan tilanne, jossa esimerkiksi Instagramin tai TikTokin jokaisen postauksen latautuminen kestäisi edes muutaman sekunnin. Tällainen viive heikentäisi merkittävästi käyttäjäkokemusta ja saattaisi johtaa siihen, että käyttäjä lopettaisi sisällön selaamisen.

Verkkosivujen ja niiden sisällön, kuten kuvien, latausaikoja voidaan lyhentää useilla eri tavoilla, kuten tiedostokoon optimoinnilla tai laiskan latauksen (lazy loading) hyödyntämisellä (Cloudflare 2024d; MDN 2024a). Jos käyttäjäkunta on kuitenkin globaali, on sisällönjakeluverkon (Content Delivery Network, CDN) käyttäminen helppo ja tehokas tapa tiedostojen latausaikojen parantamiseen. Sisällönjakeluverkon avulla sivuston sisältö, kuten kuvat, HTML- ja JavaScript-tiedostot, jaetaan useille palvelimille ympäri maailman (MDN 2023). Tämä lyhentää etäisyyttä käyttäjän ja palvelimen välillä verrattuna alkuperäiseen palvelimeen tai objektivarastoon (kuva 1). Lyhyempi etäisyys vähentää viivettä, ja sisällön tallentaminen usealle sisällönjakeluverkon palvelimelle tasaa kuormitusta sekä parantaa latausnopeutta (Bunny.net 2024; Cloudflare 2024e; MDN 2023).



KUVA 1. Sisällönjakeluverkon (CDN) palvelimien etäisyyksien havainnekuva.

Sovelluksen kehitystyössä sisällönjakeluverkon käyttöönotto on yleensä hyvin yksinkertaista. Kehittäjä liittää alkuperäisen sisällön lähteen, kuten objektivaraston, sisällönjakeluverkon käyttöliittymässä. Sen jälkeen koodissa päivitetään tiedostojen URL-osoitteet viittaamaan sisällönjakeluverkon tarjoamiin URL-osoitteisiin. Tämän jälkeen tiedostot latautuvat käyttäjille nopeimmin saatavilla olevalta sisällönjakeluverkon palvelimelta. Sisällönjakeluverkkoa käytettäessä on tärkeää ymmärtää HTTP-välimuistin (HTTP Cache) toiminta ja osata määritellä siihen liittyvät parametrit (Cache-Headers) huolellisesti. Näillä asetuksilla kehittäjä voi hallita, kuinka kauan tiedostot pysyvät sisällönjakeluverkon välimuistissa ennen niiden uudelleentarkistamista alkuperäiseltä palvelimelta (MDN 2024b). Tämä vähentää alkuperäiselle palvelimelle kohdistuvaa kuormitusta ja varmistaa, että tiedostot päivittyvät halutulla aikavälillä. Esimerkiksi jos käyttäjä poistaa kuvan, sen ei pitäisi pysyä sisällönjakeluverkon välimuistissa enää pitkään, vaan kuvan tulisi poistua välittömästi tai lyhyen ajan kuluessa.

Sisällönjakeluverkkoja vertailtaessa on tärkeää kiinnittää huomiota muutamiin keskeisiin ominaisuuksiin, jotka voivat helpottaa kehitystyötä ja vähentää ylläpidon tarvetta. Ensinnäkin kuvien optimointitoiminnot, kuten tiedostokoon ja resoluution säätäminen, voivat parantaa latausaikoja entisestään ja vähentää kehitystyön määrää kuvien käsittelyprosessien osalta. Toiseksi välimuistin hallinnan helppous ja tarkkuus ovat keskeisiä, jotta sisältöä voidaan hallita sujuvasti ja välimuisti

päivittää sovelluksen tarpeiden mukaan. Lisäksi käyttäjien käyttöoikeuksien hallintaan on hyvä kiinnittää huomiota, kun halutaan rajoittaa tiettyjen tiedostojen käyttöä tai näkyvyyttä vain tietyille käyttäjille.

4.4 Automaattiset sähköpostiviestit

1970-luvulla kehitetty sähköposti on yksi vanhimmista ja edelleen merkittävistä digitaalisen viestinnän muodoista (Feinler & Vittal 2022). Vuoteen 2025 mennessä sähköpostin käyttäjämäärän arvioidaan kasvavan 4,59 miljardiin ja päivittäin lähetettävien viestien määrän ennustetaan ylittävän 376 miljardia kappaletta (The Radicati Group 2021). Sähköposti on säilyttänyt keskeisen asemansa yritysten ja kuluttajien välisessä viestinnässä, vaikka pikaviestinsovellukset ja sosiaalisen median palvelut ovat mullistaneet ihmisten käyttämät viestintätavat ja -kanavat. Consumer Email Tracker 2023 -raportin mukaan kuluttajat suosivat ensisijaisesti sähköpostin käyttöä kaikissa asiakaspolun vaiheissa: ennen ostotapahtumaa, sen jälkeen, asiakaspalvelutilanteessa ja lisätujen vastaanottamisessa (DMA 2022). Näin ollen on selvää, että sähköpostin hyödyntäminen on tärkeä osa liiketoimintaa, ja erityisesti digitaalisissa palveluissa se toimii myös käyttäjäkokemuksen keskeisenä osana.

Yritysten ja digitaalisten palvelujen lähettämät sähköpostit voidaan jakaa kahteen pääkategoriaan: transaktioviesteihin ja markkinointiviesteihin. Markkinointiviestejä ovat esimerkiksi uutiskirjeet ja kausitarjoukset, jotka ovat yleensä manuaalisesti suunniteltuja ja kohdennettuja suurelle joukalle vastaanottajia. Transaktioviestit sen sijaan kohdennetaan yleensä vain yhdelle vastaanottajalle ja niiden sisältö pohjautuu hänen toimintaansa tai käyttäjätunnukseen liittyviin tietoihin. Tällaisia ovat esimerkiksi salasanan palautusviestit, verkkokaupan kuitit ja tilausvahvistukset. (Macdonald 2023). Transaktio- ja markkinointiviestien ero voi olla hieman epäselvä, koska myös transaktioviestit voivat sisältää markkinointimateriaalia. Yksinkertainen tapa erottaa transaktioviesti markkinointiviestistä on tarkastella sen ensisijaista tarkoitusta: Jos viestin ensisijainen tarkoitus on informoida käyttäjää hänen tekemästään toimenpiteestä tai palvelun tilasta, on kyseessä todennäköisesti transaktioviesti. Molempien viestityyppien lähetysprosessi on usein automatisoitu ja ajoitettu, minkä tavoitteena on parantaa niiden toimitusvarmuutta ja tehokkuutta (Bell, Burket & Rathnavelu 2019).

Sähköpostiviestien toimitettavuus, toisin sanoen niiden perille saapuminen vastaanottajan postilaatikkoon, ei ole itsestäänselvyys. Sähköpostipalvelut, kuten Gmail ja Outlook, hyödyntävät kehittyneitä algoritmeja ja mekanismeja suojatakseen käyttäjiään roskapostilta (Kumaran 2022). Tämän vuoksi sähköpostien onnistunut perillemeno edellyttää teknisten ja sisällöllisten käytäntöjen huolellista noudattamista. Sähköpostin teknisiin asetuksiin, kuten autentikointimenetelmiin (SPF, DKIM ja DMARC), on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta viestit välittyvät luotettavasti ja väärinkäytökset estää (Cloudflare 2025). Myös lähetyksessä käytettävän verkkotunnuksen maineella on merkittävä vaikutus viestien toimitettavuuteen (Dossetto 2022). Hyvän maineen ylläpitäminen on ensiarvoisen tärkeää, sillä sen rakentaminen vie aikaa, ja huonon maineen palauttaminen voi olla pitkä ja haastava prosessi. Tämän kaltaisten teknisten käytänteiden noudattaminen sekä lähetyksen jatkuvuus ylläpito ja seuranta vähentävät riskiä siitä, että sähköpostit päätyvät roskapostiksi.

Teknisten yksityiskohtien lisäksi on hyvä ymmärtää sähköpostiviesteihin ja -osoitteisiin liittyvää lainsäädäntöä ja sisällöllisiä käytänteitä, sillä niiden rikkominen voi johtaa merkittäviin seurauksiin, kuten mainehaittoihin, viestien toimitettavuuden heikentymiseen ja pahimmassa tapauksessa sakkoihin. Tällaisia säädöksiä ovat muun muassa Euroopan unionin GDPR-asetus ja Yhdysvaltojen CAN-SPAM-laki (Brevo 2024; FTC 2023). Sähköposteihin liittyvien säädösten ja hyvien käytänteiden tavoitteena on suojella viestien vastaanottajien tietoja ja ehkäistä roskapostiviestintää asettamalla lähettäjiille vaatimuksia, kuten käyttäjän suostumuksen hankkimisen viestien vastaanottamiseen sekä helpon tavan niiden peruuttamiseen. Lisäksi sähköpostin sisällön tulee olla relevanttia ja sellaista, johon vastaanottaja on suostunut.

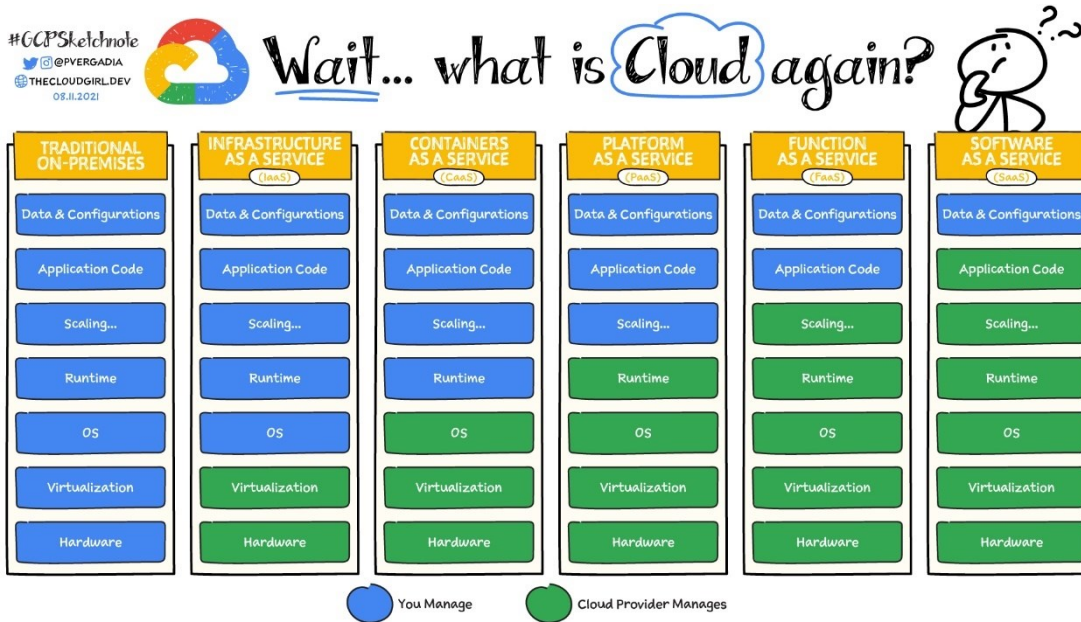
Sähköpostiviestien nopea ja varma perille saapuminen on olennainen osa käyttäjäkokemusta ja liiketoiminnan sujuvuutta. Esimerkiksi verkkokauppatilauksen vahvistusviestin viivästyminen tai saapumatta jääminen voi herättää käyttäjässä epäilyksen tilauksen onnistumisesta (Nielsen 2008). Vastaavasti salasanan palautusviestin merkittävä viivästyminen voi johtaa siihen, että käyttäjä keskeyttää prosessin tai jopa lopettaa palvelun käytön.

4.5 Konttipohjainen ajoympäristö

Konttipohjainen ajoympäristö tarkoittaa, että ohjelmistokoodi ja sen riippuvuudet pakataan OCI-standardin mukaiseen konttikuvaan, josta voidaan käynnistää yksi tai useampi kontti koodin aja-

miseksi eri ympäristöissä (kehitys, testaus, tuotanto). Konttien ydinedut ovat siirrettävyys, toistettavuus ja käyttöjärjestelmätason eristys: samasta kuvasta käynnistetty kontti käyttäytyy samalla tavalla riippumatta siitä, millä alustalla tai palvelimella sitä ajetaan. Niitä voidaan helposti siirtää palvelimelta toiselle, ja rinnakkaisia kontteja voidaan käynnistää tarpeen mukaan kymmeniä tai jopa tuhansia. (GitHub 2024; The Linux Foundation 2025). Yksi suosituimmista OCI-pohjaisista konttitekniologioista on Docker (Stack Exchange Inc. 2025; The Linux Foundation 2025), joka on konttikuvien rakennustyökalu ja alusta konttien ajamiseen (Docker Inc. 2025).

Konttien siirrettävyys mahdollistaa sen, että sama konttikuva voidaan ottaa käyttöön fyysisillä palvelimilla ja IaaS-, CaaS- tai PaaS-pilvipalveluissa. PaaS (Platform as a Service) tarjoaa suoraviivaisimman tien tuotantoon: kehittäjä toimittaa konttikuvan, ja alusta hoitaa kontin ajon, verkkoliikenteen reitityksen, kuormantasauksen ja skaalauksen (Agarwal 2024; Google Cloud 2025). Tämä on myös rajoittavin vaihtoehto, sillä palvelun ominaisuudet voivat rajoittaa käytettävissä olevia asetuksia ja toimintoja. CaaS (Containers as a Service) antaa enemmän joustoa: kehittäjä saa käyttöönsä hallitun orkestrointialustan (Agarwal 2024; Google Cloud 2025), tyypillisesti Kubernetesin, ja voi hallita sen asetuksia, kuten verkkoliikenteen reititystä ja skaalautumista. IaaS-mallissa (Infrastructure as a Service) kontteja ajetaan kehittäjän ylläpitämällä virtuaalipalvelimilla, jolloin hänen tulee huolehtia käyttöjärjestelmäpäivityksistä, tietoturvasta sekä mahdollisen orkestrointityökalun ylläpidosta ja skaalauksesta (Agarwal 2024; Google Cloud 2025). Mitä lähemmäs fyysisiä palvelimia tai IaaS-mallia mennään, sitä enemmän kehittäjällä on kontrollia, mutta myös jatkuvaa ylläpitoa (kuva 2). Tämän työn toiminnallisen osuuden vertailututkimus keskittyy PaaS-palveluihin, koska ne tarjoavat suoraviivaisimman ja vähiten ylläpitoa vaativan alustan konttien ajamiseen. Rajaus on kohdesovelluksen kannalta tärkeä, sillä se vähentää ylläpitokuormaa ja vapauttaa resursseja ominaisuuksien kehittämiseen.



KUVA 2. Pilvipalvelumallien vastuunjako kehittäjän ja palveluntarjoajan välillä. (Vergadia 2024)

Silloin kun kaikki toimii, PaaS-alusta on loppukäyttäjälle lähes näkymätön. Koska palveluntarjoaja hallinnoi ja valvoo ajoympäristöä, häiriöstä toipuminen on yleensä automaattista ja nopeaa. Terveystarkastukset (health checks), uudelleenkäynnistykset ja useat rinnakkaiset kontit pitävät sovelluksen toimintakykyisenä. Tämä ei tarkoita, ettei katkoja olisi, vaan että ne ovat tyypillisesti harvinaisempia ja lyhyempiä. Autoskaalaus lisää sovelluksen kapasiteettia kuorman kasvaessa ja jakaa liikenteen usealle kontille, mikä tasaa ruuhkapiikkejä ja näin parantaa käyttäjäkokemusta (Datadog 2025). Usein PaaS-alustat tarjoavat maantieteellisesti hajautettuja sijainteja, mikä mahdollistaa konttien ajamisen lähempänä käyttäjiä viiveen vähentämiseksi (Lovan, Bhagat, Pasappulatti & Gupta 2024). Lisäksi se tarjoaa paremman vikasietoisuuden, koska kontit eivät pyöri enää vain yhdessä datakeskuksessa (Gienow 2023). Usein PaaS-alustat mahdollistavat päivitysten ajamisen rolling-, blue-green- tai canary-strategioilla, jolloin uusi versio kontista tulee käyttöön ilman näkyvää katkoa ja virheelliset julkaisut voidaan nopeasti peruuttaa (Broshar 2021). Yhteenvetona PaaS-alustan käyttö näkyy loppukäyttäjälle tasaisempina vasteaikoina ja parempana saatavuutena, edellyttäen, että skaalaus, alueistus ja sovelluksen arkkitehtuuri on toteutettu tarkoituksenmukaisesti. On hyvä myös huomata, ettei PaaS ole lähtökohtaisesti vakaampi kuin esimerkiksi laaS. Samat ominaisuudet ovat saavutettavissa molemmilla, mutta PaaS-malli tekee niiden toteuttamisesta ja ylläpidosta kehittäjälle yksinkertaisempaa.

Toiminnallisen osuuden vertailussa PaaS-palveluiden erot korostuvat, koska ominaisuuksien toteutus, oletusasetukset ja rajoitukset vaihtelevat palveluntarjoajittain. Autoskaalauksen periaatteet ja

rajat on syytä käydä läpi: mihin mittareihin reagoidaan ja kuinka nopeasti kapasiteettia lisätään tai vähennetään. Julkaisukäytännöt vaikuttavat suoraan käytettävyyteen, joten on hyvä selvittää, miten uudet versiot voidaan ottaa käyttöön ilman katkoksia ja miten palautus virhetilanteessa tehdään. Verkkoinfrastruktuurissa olennaista on, miten liikenne jaetaan konteille, mitä yhteysmuotoja tuetaan ja miten sisään tuleva ja lähtevä liikenne hinnoitellaan. Saatavilla olevat sijainnit kannattaa varmistaa projektin tarpeisiin sopiviksi. Havainnointiin tarvitaan toimivat lokit, mittarit ja hälytykset, jotka ovat helposti saatavilla ja yhdistettävissä myös muihin työkaluihin. Hinnoittelua kannattaa tarkastella kokonaisuutena: käytettävissä oleva suorituskyky, mahdolliset rajoitukset sekä liikenteen ja siirron kustannukset.

5 PALVELUNTARJOAJIEN VERTAILUTUTKIMUS

Tässä vertailututkimuksessa arvioidaan infrastruktuuripalveluita viidessä tuotekategoriassa, jotka kytkeytyvät teoriaosuudessa käsiteltyihin backend-infrastruktuurin ydintoimintoihin (taulukko 1). Tavoitteena on tuottaa päätöksenteon tueksi vertailukelpoinen katsaus kohdesovelluksen tarpeisiin sopivista vaihtoehdoista sekä tunnistaa kussakin kategoriassa kohdesovellukselle sopivin palvelu. Tarkastelu ei pyri luomaan syväluotaavaa analyysia palveluista, vaan ennemminkin kokonaiskuvan kunkin vaihtoehdon vahvuuksista, heikkouksista ja sopivuudesta kohdesovellukselle. Arviointi tehdään yhtenäisellä kriteeristöllä ja pisteytyksellä painottaen käytännönläheisiä osa-alueita, kuten kehittäjäkokemusta. Aineisto perustuu palveluntarjoajien dokumentaatioon ja käytännön testaukseen. Tulokset esitetään kategoriakohtaisesti ja johtopäätöksissä annetaan suositus yhdestä palveluntarjoajasta per kategoria. Tämä lähestymistapa mahdollistaa laajan yleiskuvan muodostamisen kaikkien viiden tuotekategorian palveluista samalla säilyttäen opinnäytetyön rakenteen johdonmukaisena ja pituuden hallittavana.

TAULUKKO 1. Vertailun tuotekategorioiden yhteys teoriaosuudessa käsiteltyihin backend-infrastruktuurin ydintoimintoihin.

Vertailun tuotekategoriat	Backend-infrastruktuurin ydintoiminnot
Relaatiotietokantapalvelut (PostgreSQL)	Datan tallentaminen
Objektivarastopalvelut	Tiedostojen tallentaminen
Sisällönjakeluverkot (CDN)	Tiedostojen jakelu
Transaktiosähköpostien välityspalvelut	Automaattiset sähköpostiviestit
Konttipohjaiset pilvipalvelualustat (PaaS)	Konttipohjainen ajoympäristö

5.1 Vertailtavat osa-alueet ja arviointikriteerit

Vertailussa tarkastellaan viittä osa-aluetta (taulukko 2), jotka on määritelty yleisluonteisiksi, jotta ne ovat johdonmukaisesti sovellettavissa viiteen keskenään erilaiseen tuotekategoriaan, joilla on omat erityispiirteensä. Esimerkiksi sisällönjakeluverkon palvelimen sijainnilla on suuri merkitys, kun taas

objektivarastoissa tuki S3-protokollalle on tärkeää. Vertailua toteuttaessa erityispiirteisiin kiinnitetään huomioita, vaikka ne eivät suoraan asettuisi minkään tarkastellun osa-alueen alle. Tällöin ne huomioidaan osana kokonaisvaikutelmaa.

Osa-alueet käsittelevät sekä määrällisiä mittareita että laadullisia näkökulmia. Niistä erityisesti kehittäjäkokemuksen arviointi sisältää väistämättä subjektiivisia elementtejä. Siksi arviointi on tärkeä toteuttaa yhtenäisellä kriteeristöllä ja pisteytyksellä. Tavoitteena on varmistaa mahdollisimman vertailukelpoinen, läpinäkyvä ja toistettava vertailu palveluiden välillä sekä tarjota helposti lähestyttävä kokonaisuus lukijalle.

TAULUKKO 2. Tarkasteltavat osa-alueet

Osa-alue	Määritelmä
Kehittäjäkokemus	Kuvaa, kuinka helppoa ja sujuvaa palvelun käyttö on kehittäjälle koko prosessin ajan, erityisesti käyttöönotossa ja ylläpidossa. Arvio painottaa opittavuutta, selkeyttä sekä prosessia tukevia työkaluja ja sisältöä, kuten artikkeleita.
Dokumentaatio	Kuvaa dokumentaation kattavuuden, selkeyden ja ajantasaisuuden sekä sen, miten hyvin se tukee käyttöönottoa, ylläpitoa ja vianratkaisua. Arvioinnissa huomioidaan myös rakenteen ja löydettävyyden toimivuus sekä esimerkit ja opasmateriaalit.
Lisäominaisuudet ja -palvelut	Kuvaa peruspalvelun ohella tarjottavat lisäominaisuudet ja -palvelut sekä niiden sovellukselle ja kehitysprosessille tuottaman lisäarvon. Arviointi huomioi monipuolisuuden, laadun, hyödyllisyyden ja hinnoittelumallin: sisältyvätkö ominaisuudet peruspakettiin vai ovatko ne erillismaksullisia tai kolmannen osapuolen ratkaisuja. Lisäksi arvioidaan valmius tukea tulevia tarpeita esimerkiksi skaalautuvuuden osalta.

(jatkuu)

Taulukko 2. (jatkuu)

Hinnoittelu ja kustannukset	Kuuaa hinnoittelumallin ja kokonaiskustannusten muodostumisen sekä kustannustehokkuuden eri käyttötilanteissa ja kuormituksissa. Arviointi painottaa läpinäkyvyyttä, ennakoitavuutta, mahdollisia piilokustannuksia sekä kustannusten hallinnan tukea (budjetit, hälytykset). Lisäksi huomioidaan lisäpalveluiden hinnoittelu ja mahdolliset ilmaiskiintiöt tai sitoumusalennukset.
Kokonaisvaikutelma	Kuuaa palvelusta muodostuvan kokonaiskuvan ja sen sopivuuden kohdesovellukselle edellisten osa-alueiden havaintojen perusteella. Arvio painottaa vaatimusten täyttymistä, käyttöönoton ja ylläpidon sujuvuutta, riskiprofiilia (esim. toimittajalukko, kypsyys, tuki) sekä pitkän aikavälin toimivuutta (skaalautuvuus, kehityssuunnitelma).

Koska tarkasteltavat osa-alueet ovat luonteeltaan yleisiä, myös arviointikriteerit pidetään varsin yleistasoisina, jolloin myös niitä voidaan soveltaa kaikkiin tuotekategoriioihin. Palvelut pisteytetään jokaisessa osa-alueessa asteikolla 1–5, jolloin yksittäisen palvelun kokonaispistemäärä on 5–25. Seuraavissa taulukoissa (3 – 7) esitetään pistetasojen 1–5 kriteerit kullekin osa-alueelle.

TAULUKKO 3. Kehittäjäkokemuksen arviointikriteerit ja pisteytys

Pisteet 1-5	Arviointiperuste (kuvaus)
1–2 (heikko)	Käyttöönotto on hidas ja monivaiheinen, ylläpito vaatii jatkuvaa perehtymistä. Työkalut ja käyttöliittymä ovat epäintuitiivisia, eikä ohjeistusta, esimerkkejä tai automaatiota ole riittävästi. Integrointi demoprojektiin edellyttää toistuvaa dokumentaation tulkintaa tai manuaalisia kiertoteitä.

(jatkuu)

TAULUKKO 3. (jatkuu)

3–4 (hyvä)	Käyttöönotto etenee kohtuullisessa ajassa ja ylläpito on selkeää tavanomaisissa tehtävissä. Työkalut ja käyttöliittymä ovat johdonmukaisia sekä tukevat työnkulkua. Ohjeet ja esimerkit kattavat yleiset tapaukset, ja yksittäiset haasteet ratkeavat dokumentaation tai perusautomaation avulla ilman manuaalisia kiertoteitä.
5 (erinomainen)	Käyttöönotto on nopeaa ja ohjattua. Älykkäät oletukset, valmiit mallit ja automaatio vievät palvelun käyttöön minuuteissa. Ylläpito on intuitiivista ja ennakoivaa, työkalut ja käyttöliittymä ovat poikkeuksellisen hiotut ja erottuvat kilpailijoista sekä synnyttävät selkeän vau-efektin. Haasteita ilmenee harvoin ja ne ratkeavat suoraan käyttöliittymän tarjoamien vihjeiden ja esimerkkien avulla. Kehittäjäkokemukseen on selvästi panostettu.

TAULUKKO 4. Dokumentaation arviointikriteerit ja pisteytys

Pisteet 1-5	Arviointiperuste (kuvaus)
1–2 (heikko)	Dokumentaatio on puutteellista ja ristiriitaista, eikä avaa palvelun peruskäsitteitä, rajoitteita tai toimintalogiikkaa. Rakenne ja löydettävyyys ovat heikot. Esimerkit ja ohjeet puuttuvat tai ovat vanhentuneita. Seurauksena toiminnallisuuden ymmärtäminen jää arvailun varaan, konfigurointivirheitä syntyy helposti, vianratkaisu pitkittyy sekä tuen tarve lisääntyy.
3–4 (hyvä)	Dokumentaatio on laajalti kattava ja ajantasainen. Rakenne sekä hakutoiminnot tukevat sujuvaa löydettävyyttä. Peruskäsitteet, rajoitteet ja tyypilliset työnkulut avataan selkeästi esimerkein, mikä tukee käyttöönottoa ja vianratkaisua tavanomaisissa tilanteissa. Yksittäisiä epäselvyyksiä tai katvealueita esiintyy edistyneissä aiheissa, mutta ne eivät estä etenemistä.

(jatkuu)

TAULUKKO 4 (jatkuu)

5 (erinomainen)	Dokumentaatio on kattava, selkeä ja ajantasainen. Rakenne, hakutoiminnot ja sisäinen linkitys tekevät sisällön löytämisestä vaivatonta. Peruskäsitteet, rajoitteet sekä arkkitehtuurivalinnat avataan parhaiden käytänteiden ja toimivien esimerkkien kautta. Käyttöönotto etenee ohjattuina askeleina, API-rajapinta ja käyttöohjeet ovat yhdenmukaiset. Vianratkaisuun on valmiit polut ja virheviitteet. Muutokset on versioitu selkein julkaisutiedottein.
-----------------	--

TAULUKKO 5. Lisäominaisuuksien ja -palveluiden arviointikriteerit ja pisteytys

Pisteet 1-5	Arviointiperuste (kuvaus)
1–2 (heikko)	Lisäominaisuuksien ja -palveluiden tarjonta on niukka tai epäyhtenäinen, eikä niistä synny merkittävää lisäarvoa kehitysprosessiin tai kohdesovelluksen toimintaan. Ominaisuudet eivät sisälly peruspakettiin tai ne vaativat heikosti integroituvia kolmannen osapuolen ratkaisuja. Hinnoittelu on epäselvä ja hinta-laatusuhde heikko. Ratkaisut eivät tue tulevia tarpeita.
3–4 (hyvä)	Tarjolla on useita hyödyllisiä lisäominaisuuksia ja -palveluita, jotka integroituvat pääosin sujuvasti ja tuovat lisäarvoa tavanomaisiin käyttötapauksiin. Hinnoittelu on läpinäkyvä ja hinta-laatusuhde kohtuullinen: osa ominaisuuksista sisältyy peruspakettiin, osa edellyttää erillismaksua tai kolmannen osapuolen ratkaisua. Kokonaisuus tukee nykyisiä ja tulevaisuuden tarpeita, vaikka edistyneet tarpeet voivat jäädä osin kattamatta.
5 (erinomainen)	Lisäominaisuuksien ja -palveluiden tarjonta on laaja, laadukas ja saumattomasti integroitunut, mikä nopeuttaa kehitystä ja vahvistaa kohdesovelluksen toimintaa koko elinkaaren ajan. Hinnoittelu on selkeä ja hinta-laatusuhde erinomainen: keskeiset ominaisuudet sisältyvät peruspakettiin ja lisäpalvelut ovat kohtuullisesti hinnoiteltuja. Kokonaisuus tukee nykyisiä tarpeita ja skaalautuu tarvittaessa tuleviin tarpeisiin.

TAULUKKO 6. Hinnoittelun ja kustannuksien arviointikriteerit ja pisteytys

Pisteet 1-5	Arviointiperuste (kuvaus)
1–2 (heikko)	Hintatiedot ovat hajallaan ja epäselvät, hinnoittelumalli on vaikeasti tulkittava eikä kokonaiskustannuksia voi arvioida etukäteen. Piilokustannuksia ilmenee käytön myötä. Lisäpalveluiden hinnoittelu on epäselvä. Kustannustenhallinnan työkalut ovat heikot. Palvelun hinta-laatusuhde on huono ja kustannukset kasvavat nopeasti.
3–4 (hyvä)	Hinnoittelu on selkeä ja ennakoitava: kustannuksia voi arvioida etukäteen hinnoittelusivun ja laskurin avulla. Piilokustannuksia esiintyy harvoin ja niistä viestitään avoimesti. Budjetit, hälytykset ja kuluseuranta tukevat kustannuksien hallintaa. Tarjolla on hintatasoja ja sopimusmalleja kaiken kokoisille projekteille ja tiimeille, yksittäisistä kehittäjistä yritysasiakkaisiin. Hinta-laatusuhde on kilpailukykyinen tavanomaisissa kuormissa. Ilmaiskiintiöt ja sitoumusalennukset ovat saatavilla, vaikka edistyneet tarpeet voivat nostaa kustannuksia.
5 (erinomainen)	Hinnoittelu on täysin läpinäkyvä ja ennakoitavissa kaikissa kuormissa. Laskurit sekä raportointi tuottavat luotettavat ennusteet ja reaaliaikaiset toteumatiedot. Hinnastot ja sopimusmallit palvelevat yksittäisistä kehittäjistä aina yritysasiakkaisiin. Ilmaiskiintiöt ja sitoumusalennukset on avattu selkeästi eikä yllätyskuluja synny. Kustannustenhallinta tarjoaa budjetit, hälytykset ja ohjaa aktiivisesti kustannusten optimointiin. Hinta-laatusuhde on erinomainen kaikissa käyttötilanteissa ja säilyy skaalautuessa.

TAULUKKO 7. Kokonaisvaikutelman arviointikriteerit ja pisteytys

Pisteet 1-5	Arviointiperuste (kuvaus)
1–2 (heikko)	Palvelu ei täytä keskeisiä vaatimuksia, käyttöönotto ja ylläpito takkuavat sekä riskiprofiili on korkea. Toimittajalukko, heikko tuki sekä epäselvä kehityssuunnitelma tai skaalautuvuus luovat epävarmuutta. Kokonaisvaikutelma on kielteinen eikä palvelu sovi kohdesovellukselle.

(jatkuu)

TAULUKKO 7. (jatkuu)

3–4 (hyvä)	Palvelu täyttää valtaosan vaatimuksista ja käyttöönotto sekä ylläpito sujuvat tavanomaisissa tapauksissa. Riskiprofiili on hallittava ja tuki riittävä, mutta yksittäiset puutteet, alustariippuvuudet tai epäselvyydet kehityssuunnitelmassa herättävät varauksia. Palvelu sopii kohdesovellukselle.
5 (erinomainen)	Palvelu täyttää ja ylittää vaatimukset. Käyttöönotto ja ylläpito ovat erittäin sujuvia ja kokonaisuus herättää vahvan luottamuksen. Riskiprofiili on matala, tuki ja viestintä ovat esimerkillisiä ja palvelun kypsyys näkyy selkeissä parhaissa käytännöissä. Palvelu sopii erinomaisesti kohdesovellukselle, skaalautuu vaivattomasti ja kehityssuunnitelma on läpinäkyvä ja uskottava pitkälle eteenpäin.

5.2 Aineistonkuvaus

Vertailututkimuksen aineistoa kerätään pääasiassa palveluntarjoajien virallisista lähteistä, kuten verkkosivuilta, teknisestä dokumentaatiosta, blogikirjoituksista ja sosiaalisen median kanavista. Näistä lähteistä saadaan tarkkaa ja kattavaa tietoa palveluiden ominaisuuksista, hinnoittelusta sekä teknisistä ratkaisuista. Virallista aineistoa täydennetään muilla epävirallisilla internetlähteillä, kuten Redditissä, Hacker Newsissä ja kehittäjäblogeissa käydyillä keskusteluilla ja arvioilla, joissa sekä muut käyttäjät että palveluntarjoajat itse ovat voineet jakaa yksityiskohtaisempia tietoja palvelusta.

Tutkimuksessa painottuvat viralliset lähteet, koska ne tarjoavat ajantasaista ja luotettavaa tietoa vertailtavista palveluista. Epävirallisia internetlähteitä hyödynnetään täydentävästi, erityisesti kehittäjäkokemusten ja käyttäjäarvioiden kartoittamisessa. Kolmansien osapuolten tuottama sisältö auttaa arvioimaan esimerkiksi, onko vertailussa esiin tullut haaste yksittäistapaus vai laajempi ongelma sekä miten palveluntarjoaja on mahdollisesti reagoinut siihen.

Virallisten ja epävirallisten lähteiden lisäksi tutkimuksessa suoritetaan myös käytännön testausta. Palveluntarjoajien palveluihin hankitaan tunnukset, ja palvelut integroidaan osaksi demoprojektia,

joka on Node.js:llä toteutettu yksinkertainen CRUD-rajapinta. Testauksen tavoitteena on muodostaa kokonaisvaltainen ja käytännönläheinen käsitys palveluiden käyttöönotosta, ylläpidosta ja kehittäjäkokemuksesta.

Kuvattu raja- ja aineistonkeruumenetelmä takaavat, että tutkimuksessa hyödynnettävä tieto on sekä relevanttia että monipuolista: viralliset lähteet tarjoavat ajantasaista ja objektiivista faktaa, epäviralliset kanavat tuovat esiin käyttäjien subjektiivisia kokemuksia, ja käytännön testaus täydentää kokonaiskuvaa tuottamalla omakohtaista kokemusta palveluiden toimivuudesta.

5.3 Tutkimuksen kulku

Tutkimus jakautuu kahteen päävaiheeseen: valinta- ja arviointivaiheeseen. Valintavaiheessa kuhunkin tarkasteltavaan tuotekategoriaan etsitään kolmesta kuuteen potentiaalista palveluntarjoajaa. Haku perustuu verkkopohjaiseen esiselvitykseen, jossa hyödynnetään aiempia vertailuja ja artikkeleita, kehittäjäyhteisön ja sosiaalisen median palautteita sekä toimijoiden yleistä näkyvyyttä ja mainetta. Tarkoituksena on rajata arviointivaiheessa tapahtuva tarkastelu sellaisiin toimijoihin, jotka ovat markkinoilla vakiintuneita ja vaikuttavat täyttävän kohdesovelluksen tärkeimmät vaatimukset. Vaiheen lopputuloksena syntyy taulukko, johon kootaan kuhunkin kategoriaan jatkoon valitut palvelut. Valintavaihetta ei dokumentoida yksityiskohtaisesti, sillä sen tarkoitus on vain rajata arvioitavat palvelut arviointivaihetta varten.

Arviointivaiheessa käsitellään yksi tuotekategoria kerrallaan ja perehdytään tarkemmin sen palveluihin. Testauksen ja perehtymisen aikana tehdään yleisiä muistiinpanoja sekä arviointikriteereihin liittyviä havaintoja. Kunkin kategorian päätteeksi palveluntarjoajat pisteytetään näiden kriteerien perusteella, ja arvioinnissa huomioidaan myös palveluista muodostunut kokonaiskuva suhteessa toisiinsa.

Kun molemmat vaiheet on saatu päätökseen, tulokset esitellään kategoriakohtaisesti ja palveluluitain. Lopuksi valitaan kohdesovellukselle sopivimmat viisi palvelua – yksi kustakin tuotekategoriasta – ja valintaperusteet kootaan *tulosten johtopäätökset* -luvussa.

5.4 Palveluntarjoajien valintavaihe

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa valitaan kuhunkin tuotekategoriaan vertailtavat palveluntarjoajat. Tavoitteena on löytää toimijoita, jotka eivät ole aivan tulokkaita, vaan ovat tarjonneet palveluitaan jo muutaman vuoden ajan. Kypsä tuote ja vakiintunut asema pienentävät riskiä siitä, että yritys katoaa markkinoilta tai muuttaa hinnoitteluaan arvaamattomasti.

Kypsyyden lisäksi tarkastellaan, tarjoako palvelu kyseisessä tuotekategoriassa olennaiset ominaisuudet eikä vain minimitasoa. Esimerkiksi objektivarastojen kohdalla S3-yhteensopivuus on käytännössä välttämätön, koska se on alan de facto -standardi. Sisällönjakeluverkon on puolestaan oltava aidosti globaali, sillä kohdesovelluksen käyttäjät sijaitsevat eri puolilla maailmaa.

Kohdesovelluksen rajalliset resurssit ohjaavat valintaa entisestään. Suuret pilvipalvelualustat, kuten AWS, GCP ja Azure, jätetään vertailun ulkopuolelle, koska niiden hinnoittelu on pienimuotoiselle projektille monimutkaista ja kallista. Lisäksi alustojen tehokas hyödyntäminen edellyttää syvällistä perehtymistä niiden ekosysteemeihin – monissa tiimeissä tätä varten on oma asiantuntijansa, pilviarkkitehti. Kohdesovellukselle tärkeämpää on sujuva kehittäjäkokemus sekä joustava ja ennakoitava hinnoittelumalli, joka skaalautuu tarpeen kasvaessa.

On hyvä tiedostaa, että monet pienemmät palveluntarjoajat pyörittävät ratkaisunsa suurten pilvipalveluiden päällä. Heidän liiketoimintamallinsa perustuu usein siihen, että he paketoivat isojen toimijoiden infrastruktuurin kehittäjäystävällisempiin käyttöliittymiin ja selkeämpiin hinnoittelumalleihin.

5.5 Vertailuun valitut palveluntarjoajat

Tässä luvussa esitetään valintavaiheen tuloksena syntynyt vertailujoukko palveluntarjoajista (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Vertailuun valitut palveluntarjoajat tuotekategorioittain

Tuotekategoria	Palveluntarjoaja	Palvelu tai tuote
Relaatiotietokantapalvelut (PostgreSQL)	Supabase	Database
	Railway	(Ei erillistä nimeä)
	Render.com	PostgreSQL
	Scalegrid	PostgreSQL
	Vultr	Managed PostgreSQL
	Crunchy Data	Crunchy Bridge
Objektivarastopalvelut	Backblaze	B2
	Cloudflare	R2
	Vultr	Object Storage
	Scaleway	Object Storage
Sisällönjakeluverkot (CDN)	Bunny.net	CDN
	Cloudflare	CDN
	Gcore	Edge Network CDN
	Keycdn	(Ei erillistä nimeä)
	Fastly	CDN
Transaktiosähköpostien välityspalvelut	Scaleway	TEM
	Brevo	Messaging API
	Postmark	(Ei erillistä nimeä)
	AWS ¹	SES
	Resend	Transactional Emails

(jatkuu)

TAULUKKO 8. (jatkuu)

Konttipohjaiset pilvipalvelualustat (PaaS)	Railway	(Ei erillistä nimeä)
	Fly.io	Fly Machines
	Koyeb	(Ei erillistä nimeä)
	Render.com	Services
	DigitalOcean	App Platform

¹ Vaikka suuret pilvipalvelut rajattiin vertailun ulkopuolelle, AWS Simple Email Service (SES) kohdalla tehtiin poikkeus, koska esiselvityksen perusteella se vaikutti erittäin suositulta, helppokäyttöiseltä ja kilpailukykyiseltä palvelu.

6 VERTAILUN TULOKSET

Tässä osiossa esitellään tutkimuksen tulokset kategorioittain ja pyritään löytämään paras palveluntarjoaja kustakin kategoriasta. Lopuksi tehdään yhteenveto ja listaus niistä viidestä palveluntarjoajasta, jotka ovat parhaiten vastanneet kohdesovelluksen tarpeita.

6.1 Relaatiotietokantapalvelut (PostgreSQL)

Vertailussa tarkasteltiin viittä PostgreSQL-palveluntarjoajaa (taulukko 9), joista Crunchy Data erottui selkeästi edukseen kaikissa kategorioissa paitsi hinnoittelussa. Railway osoittautui vertailuun sopimattomaksi rajallisen PostgreSQL-tarjontansa vuoksi. Muiden palveluntarjoajien osalta erot olivat pienempiä ja niiden soveltuvuus riippui pitkälti käyttötarkoituksesta ja yksittäisten ominaisuuksien tärkeydestä.

TAULUKKO 9. Vertailun pisteytys PostgreSQL-tietokanta palveluntarjoajien osalta.

Palveluntarjoaja	Kehittäjäkokemus	Dokumenttaatio	Lisäominaisuudet ja palvelut	Hinnoittelu ja kustannukset	Kokonaisvaikutelma	Kokonaispisteet
Supabase	5	4	4	3	4	20
Railway	4	3	1	2	2	12
Render.com	5	4	4	3	4	20
Scalegrid	4	4	4	5	3	20
Vultr	5	3	4	5	5	22
Crunchy Data	5	5	5	4	5	24

6.1.1 Supabase

Supabase erottui edukseen erityisesti kehittäjäystävällisyydellä, saaden täydet viisi pistettä kehittäjäkokemuksesta. Kehittäjäkokemusta paransivat erityisesti helppokäyttöinen käyttöliittymä ja sen

sisältämät monipuoliset tietokantatyökalut sekä lisäominaisuudet, kuten *Performance Analyzer* ja mahdollisuus luoda tietokantahaaroja, jotka helpottavat kehitystyötä ja testausta. Pisteitä lisäominaisuuksista kertyi neljä. Dokumentaatio (4/5) Se oli kattava, laadukas ja sisälsi myös teknisempää materiaalia, josta pystyi oppimaan uutta.

Hinnoittelumallin osalta pisteitä kertyi kolme. Supabase ei ole välttämättä kustannustehokkain vaihtoehto pelkän PostgreSQL-tietokannan ylläpitoon. Palvelun vahvuus tulee parhaiten esiin, kun sen ekosysteemiä hyödynnetään laajemmin käyttämällä esimerkiksi heidän autentikaatiopalvelua ja objektivarastoa, jotka kuuluvat samaan hintaan ja ovat vahvasti integroitu palvelun PostgreSQL-tietokantaan. Kokonaisvaikutelma (4/5) oli hyvä ja positiivinen. Laadukkaan oloista palvelua ja kehitystyötä helpottavia lisäominaisuuksia oli ilo hyödyntää osana kehitystyötä. Kokonaispisteillä 20/25 Supabase soveltuu parhaiten projekteihin, joissa voidaan hyödyntää heidän muitakin tuotteita pelkän tietokannan lisäksi. Toisaalta pelkkien lisäominaisuuksien ansiosta Supabase soveltuu hyvin myös testausympäristöjen tietokannaksi.

6.1.2 Railway

Railwayn tarjoama PostgreSQL-tietokantapalvelu on teknisesti hyvin yksinkertainen, sillä pohjimmiltaan kyseessä on Railwayn pilvessä toimiva kontti. Tämä tarkoittaa, että se ei ole täysin hallinnoitu tietokantapalvelu, vaan käyttäjä vastaa lopulta itse tietokannan ylläpidosta. Palvelu sai kehittäjäkokemuksesta neljä pistettä helppokäyttöisyyden ja hyvän *Observability*-työkalun ansiosta. Kuitenkin kokonaisuutena palvelu oli vertailun heikoin 12 pisteellä.

Railwayn erottava tekijä on sen moderni, reaaliaikaiseen resurssikäyttöön perustuva hinnoittelumalli, jossa käyttäjä maksaa vain ja ainoastaan käyttämistään resursseista minäkin hetkenä. Tämä voi olla erityisen kustannustehokasta epätasaisen käytön sovelluksille, jotka kuormittavat tietokantaa vain tiettyinä aikoina. Kustannusten ennustettavuus on kuitenkin haastavaa eikä niille saada kunnon vastinetta, koska kyseessä ei ole hallinnoitu tietokantapalvelu. Täten hinnoittelusta kertyi vain kaksi pistettä.

Merkittävämpänä heikkoutena on lisäominaisuuksien puute (1/5), sillä kyseessä on vain kontin tietokantapalvelulle tyypillisiä erikoisominaisuuksia, kuten natiivit PostgreSQL:n varmuuskopiot. Dokumentaatio on riittävä (3/5) mutta ei erityisen kattava.

6.1.3 Render.com

Render.comin tarjoama PostgreSQL-palvelu on laadultaan ja helppokäyttöisyydeltään vertailun kärkeä ja sai viisi pistettä kehittäjäkokemuksesta. Palvelua on helppo käyttää, se sisältää kaiken, mitä siltä voi odottaa ja kaikki asiat toimivat odotetusti ilman dokumentaatioon perehtymistä. Nämä tekevät kehittäjäkokemuksesta positiivisen ja palvelun käyttöönotto on helppoa. Dokumentaatio (4/5) on kattava sisältäen yksityiskohtaiset tiedot ja ohjeet palvelun ominaisuuksista sekä hyödyllisiä lisätietoja esimerkiksi tietokannan suorituskyvyn parantamisesta.

Lisäominaisuuksien osalta (4/5) Render tarjoaa kaikki olennaiset PostgreSQL-palvelun toiminnot, kuten lukureplikat, point-in-time-varmuuskopiot ja automaattisen vikasietoisuuden. Hinnoittelultaan (3/5) Render on suhteellisen kallis, vaikkakin se tarjoaa laadukasta vastinetta rahalle. Kokonaisvaikutelmaltaan (4/5) Render on laadukas palveluntarjoaja 20 kokonaispisteellä.

6.1.4 Scalegrid

ScaleGrid erottuu muista PostgreSQL-palveluntarjoajista erityisesti "Bring Your Own Cloud"- mallillaan, jossa tietokanta voi toimia joko kehittäjän omilla tai ScaleGridin tarjoamilla palvelimilla. Tämän ansiosta ScaleGridin kustannukset (5/5) ovat todella kilpailukykyiset ja kustannustehokkaat. Ominaisuuksiltaan palvelu sisältää kaikki PostgreSQL-tietokantapalvelulle tyypilliset ominaisuudet. Palvelun dokumentaatio (4/5) on kattava ja selkeä, sisältäen myös hyödyllistä sisältöä tietokannoista yleisesti.

Kehittäjäkokemus (4/5) on hyvä, mutta palvelun käyttöönotto vaatii enemmän säätöä muihin palveluntarjoajiin verrattuna, jos haluaa käyttää omia palvelimia. Tämä prosessi on kuitenkin tehty varsin helpoksi. Lisäominaisuuksiin (4/5) kuuluvat esimerkiksi kattavat monitorointityökalut ja *Slow Query Analysis* -työkalu, jotka helpottavat kehitystyötä ja vianhallintaa. Kokonaisvaikutelma (3/5) palvelusta on keskivertotasoa, sillä käyttöliittymä on hieman hidas ja vanhentunut eikä palvelu vaikuta erityisen laadukkaalta. Suhteessa kustannuksiin palvelu on kuitenkin kilpailukykyinen ja varteenotettava varsinkin projekteissa, joissa oman palvelininfrastruktuurin hallinta on tärkeää. Yhteensä ScaleGrid sai 20 pistettä.

6.1.5 Vultr

Vultrin tarjoama PostgreSQL-tietokantapalvelu on yksi vertailun kilpailukykyisimmistä kiitos heidän monipuolisen palvelinkonfiguraatiovalikoimansa, jonka ansiosta tietokantoja on saatavilla kaikissa hintakategorioista. Palvelu sisältää myös oleelliset peruspalvelut samaan hintaan, minkä ansiosta kustannusten osalta pisteitä kertyi viisi. Lisäominaisuuksia (4/5) palvelusta ei löydy monia, mutta tärkeimpänä löytyy tuki PgBouncer-yhteysaltaalle ja lukuisat PostgreSQL-lisäosat, jotka kuuluvat perushintaan.

Palvelun kehittäjäkokemus (5/5) on erinomainen ja palvelu on helppokäyttöinen. Dokumentaation osalta pisteitä kertyi vain kolme, sillä dokumentaation runsas sisältö ja paikoin sekava järjestely muiden tuotteiden kanssa tekivät oleellisen löytämisestä vaikeaa. Kokonaisvaikutelma (5/5) palvelusta on todella hyvä ja kilpailukykyinen hinnoittelu suhteessa laajoihin perusominaisuuksiin tekee palvelusta loistavan. Kokonaispisteitä Vultr sai 22.

6.1.6 Crunchy Data

Crunchy Datan tarjoama Crunchy Bridge PostgreSQL-tietokantapalvelu erottuu vertailussa edukseen kaikilla osa-alueilla ja sai vertailun korkeimmat kokonaispisteet (24/25). Palvelu tarjoaa poikkeuksellisen hyvän kehittäjäkokemuksen (5/5) nopean ja kattavan käyttöliittymän ansiosta. Käyttöliittymä sisältää monipuoliset analytiikkatyökalut, metriikkanäkymät ja lukuisia lisäominaisuuksia (5/5), joista osa on tarkoitettu hyvin spesifeihin käyttötarkoituksiin, kuten Tailscale VPN-integraatio ja mahdollisuus tietokannan sirpalointiin (sharding). Näin spesifien lisäominaisuuksien löytyminen kertoo, kuinka Crunchy Data kehittää palvelua asiakkaiden toiveiden pohjalta. Palvelun asiakaslähtöisyys näkyy myös heidän dokumentaationsa artikkeleissa ja opetussisällöissä, joista hyötyy kuka tahansa PostgreSQL:stä kiinnostunut. Materiaali on todella informatiivista ja aiheeseen painutuvaa, minkä ansiosta dokumentaation osalta pisteitä tuli viisi.

Hinnoittelultaan Crunchy Bridge ei ole vertailun edullisin vaihtoehto, mutta sen tarjoama hinta-laatusuhde ja lisäominaisuudet ovat omassa luokassaan muihin palveluntarjoajiin verrattuna. Tämän ansiosta kustannusten osalta pisteitä kertyi neljä. Kokonaisvaikutelma palvelusta on erinomainen, se sisältää kaikki perusominaisuudet ja lisäominaisuudet mitä PostgreSQL-palveluntarjoajalta voi

odottaa. Lisäksi palvelussa näkyy kehittäjä- ja asiakaslähtöisyys, minkä ansiosta kokonaisvaikutelmaan kertyi viisi pistettä.

6.2 Objektivarastopalvelut

Vertailussa tarkasteltiin neljää objektivarastojen palveluntarjoajaa (taulukko 10). Kaikki palvelut toimivat päätehtävässään eli tiedostojen tallentamisessa hyvin. Merkittävimmät erot palveluntarjoajien välillä näkyivät hinnoittelussa ja tarjotuissa lisäominaisuuksissa.

TAULUKKO 10. Vertailun pisteytys objektivaraston palveluntarjoajien osalta.

Palveluntarjoaja	Kehittäjäkokemus	Dokumentaatio	Lisäominaisuudet ja palvelut	Hinnoittelu ja kustannukset	Kokonaisvaikutelma	Kokonaispisteet
Backblaze	4	4	4	5	5	22
Cloudflare	4	4	3	5	4	20
Vultr	3	2	2	3	2	12
Scelway	5	4	4	3	5	21

6.2.1 Backblaze B2

Backblaze B2 erottui vertailussa edukseen loistavalla hinta-laatusuhteella ja sai hinnoittelusta täydet viisi pistettä. Kustannustehokkuutta edistävät lisäksi palvelun hyvät integrointimahdollisuudet muiden palveluiden kanssa. Esimerkiksi tiedonsiirto Backblazen ja Cloudflaren tai Bunny.netin CDN-palveluiden välillä on ilmaista, mikä voi tuoda selviä säästöjä käyttötapaüksissa, joissa tiedonsiirtoa tapahtuu suuria määriä. Kehittäjäkokemuksesta ja dokumentaatiosta palvelu sai neljä pistettä kummastakin. Palvelun käyttöönotto ja hallinta ovat helppoja ja suoraviivaisia. Monipuolinen dokumentaatio tarjoaa kattavasti sisältöä ja artikkeleista löytyy hyviä vinkkejä palvelun käyttöön. Lisäominaisuuksiin (4/5) kuuluu muun muassa varmuuskopioiden tekeminen eri alueiden välillä, automaatioiden toteuttaminen Event Notification -toiminnolla ja tiedostojen, kuten suoratoistovideoiden, reaaliaikainen käsittely Live Read -ominaisuuden ansiosta. Kokonaisvaikutelma (5/5)

palvelusta oli todella positiivinen. Palvelu sisältää kaiken tarvittavan kustannustehokkaasti ja tarjoaa hyviä lisäominaisuuksia eri käyttötarpeisiin. Yhteensä palvelu sai 22 pistettä.

6.2.2 Cloudflare R2

Cloudflare R2 on vahvasti Cloudflaren ekosysteemiin integroitava objektivarastopalvelu, joka sai kokonaispisteiksi 20/25. Palvelun merkittävin vahvuus on sen hinnoittelumalli (5/5), jossa tiedonsiirtokustannuksia ei lähtökohtaisesti ole. Kehittäjäkokemus (4/5) ja dokumentaatio (4/5) ovat laadukkaita, mutta selvästi Cloudflaren ekosysteemilähtöisiä, sillä niissä oletetaan, että palvelua käytetään osana muuta ekosysteemiä. Tämän vuoksi integrointi kolmansien osapuolten palveluihin ei ole niin suoraviivaista kuin voisi olettaa. Lisäominaisuuksien (3/5) osalta R2 tarjoaa monipuolisia toimintoja, jotka kuitenkin usein edellyttävät muiden Cloudflaren palveluiden käyttöönottoa. Esimerkiksi Event Notification -toiminto tapahtuu täysin Cloudflare Queues -tuotteen kautta, mikä aiheuttaa lisäkuluja ja työtä. Palvelu sai kokonaisvaikutelmasta neljä pistettä, sillä se on laadukas ja toimiva ratkaisu, jos on valmis hyödyntämään Cloudflaren muitakin palveluita. Muussa tapauksessa palvelun käyttö pelkästään objektivarastona ei ole yhtä suoraviivaista kuin muut vaihtoehdot.

6.2.3 Vultr Object Storage

Vultr Object Storage -palvelu tarjoaa perustason objektivarastopalvelun ja sai vertailun heikoimmat kokonaispisteet (12/25). Kehittäjäkokemus (3/5) on keskitasoa. Palvelu toimii ja hoitaa tehtävänsä, mutta on hyvin pelkistetty käyttöliittymän ja ominaisuuksien osalta. Dokumentaatio (2/5) on selkeä mutta hyvin pelkistetty, sillä se kattaa ainoastaan perusasiat. Palvelun lisäominaisuudet (2/5) ovat lähes olemattomat. Esimerkiksi S3-yhteensopivuus on varsin rajallinen verrattuna muihin palveluntarjoajiin. Muun muassa elinkaaren hallinta (lifecycle rules) ei ole mahdollista, vaikka kyseinen ominaisuus löytyi kaikilta muilta vertailun palveluntarjoajilta. Palvelun merkittävin etu ja lisäominaisuus ovat eri nopeustasot, joissa *Accelerated*-taso tarjoaa jopa 10 000 IOPS verrattuna *Standard*-tason 800 IOPS nopeuteen. Muut vertailun palveluntarjoajat eivät tarjonneet tällaista ominaisuutta, joka voi olla hyödyllinen tietyissä käyttökohteissa. Palvelun hinnoittelu (3/5) on selkeää, mutta kallista suhteessa siihen, kuinka pelkistetystä ja perustasoisesta palvelusta on kyse. Kokonaisvaikutelma (2/5) on heikko, sillä palvelu on kilpailijoihin verrattuna pelkistetty ja mitäänsanomaton. Palvelun ainoa merkittävä etu on sen tarjoamat nopeustasot.

6.2.4 Scaleway Object Storage

Scaleway Object Storage erottui vertailussa ainoana eurooppalaisena palveluntarjoajana ja sai toiseksi korkeimmat kokonaispisteet (21/25). Palvelu tarjoaa erinomaisen kehittäjäkokemuksen (5/5) selkeän käyttöliittymän ansiosta, jossa yleisimpien toimintojen hallinta on tehty erityisen helppoksi. Kattava ja selkeästi jäsennelty dokumentaatio (4/5) tukee kehitystyötä. Erityismaininnan ansaitsee se, kuinka selkeästi palvelu tuo esille uusia ja suunniteltuja ominaisuuksia kehitysaikatauluineen. Lisäominaisuuksien (4/5) osalta vahvuutena on erityisesti saumaton integraatio Glacier-kylmävarastopalvelun kanssa, jota voidaan hyödyntää muun muassa tiedostojen arkistointiin. Lisäksi Cockpit-palvelu mahdollistaa kattavan lokien ja metriikoiden seurannan. Hinnoittelultaan (3/5) palvelu on vertailun kallein, mutta tarjoaa laadukasta eurooppalaista vastinetta rahalle. Kokonaisvaikutelma (5/5) palvelusta on erinomainen.

6.3 Sisällönjakeluverkot (CDN)

Vertailussa tarkasteltiin viittä sisällönjakeluverkon palveluntarjoajaa (taulukko 11). Tulosten perusteella kolme palveluntarjoajaa saavutti kiitettävät kokonaispisteet ja havaitut erot niiden välillä olivat vähäisiä. Kaksi palveluntarjoajaa jäi selvästi heikommalle tasolle: toinen puutteellisen ja pelkistetyn tuotteen vuoksi, toinen kalliin ja pääasiassa yritysasiakkaille suunnatun hinnoittelumallin takia.

TAULUKKO 11. Vertailun pisteytys sisällönjakeluverkon palveluntarjoajien osalta.

Palveluntarjoaja	Kehittäjäkokemus	Dokumentaatio	Lisäominaisuudet ja palvelut	Hinnoittelu ja kustannukset	Kokonaisvaikutelma	Kokonaispisteet
Bunny.net	5	5	5	5	5	25
Cloudflare	4	4	4	5	4	21
Gcore	5	5	4	4	5	23
KeyCDN	3	3	2	2	2	12
Fastly	4	5	3	2	3	17

6.3.1 Bunny.net

Bunny.netin sisällönjakeluverkko suoriutui vertailussa erinomaisesti ja sai täydet kokonaispisteet (25/25). Palvelun käyttöönotto ja ylläpito oli tehty erityisen helpoksi monipuolisen ja intuitiivisen käyttöliittymän avulla. Kaikki ominaisuudet ja asetukset on selitetty suoraan käyttöliittymässä, eikä dokumentaatioon tarvitse juuri tukeutua. Kehittäjäkokemus (5/5) oli yksinkertaisesti vertailun paras, ja siihen oli selvästi panostettu. Dokumentaatio (5/5) oli selkeä ja monipuolinen, vaikkakin kaksiosainen rakenne (Developer Hub ja Support Hub) aiheutti hieman hämmennystä. Erityismainintana: hyvin toteutetut Bunny Academy -artikkelit. Palvelun lisäominaisuudet (5/5) olivat myös helpokäyttöisiä ja hyödyllisiä moniin käyttötarpeisiin, kuten kuvatiedostojen optimointipalvelu, autentikointi ja erilaisten rajoitusten määrittäminen. Kustannuksiltaan (5/5) palvelu oli erittäin kilpailukykyinen ja hinnoittelumalli selkeä. Kokonaisvaikutelma (5/5) palvelusta oli erittäin positiivinen, ja se onnistui loistamaan kaikilla osa-alueilla. Palvelusta ei löytynyt juuri mitään puutteita, ja uusia ominaisuuksia kehitetään jatkuvasti.

6.3.2 Cloudflare CDN

Cloudflaren sisällönjakeluverkko on yksi sen ekosysteemin useista kymmenistä tuotteista, mikä tekee siitä varsin joustavan, sillä sitä voidaan hyödyntää muiden tuotteiden kanssa tai niiden jatkeena. Monipuolinen ekosysteemi vaikutti kuitenkin negatiivisesti kehittäjäkokemukseen (4/5), sillä käyttöönotto ja asetusten muuttaminen ei ollut suoraviivaista, vaan se tapahtui useiden eri vaiheiden ja jopa muiden tuotteiden kautta. Pelkän käyttöönoton aikana joutui tukeutumaan dokumentaatioon (4/5), joka on onneksi selkeä ja kattava. Palvelussa lisäominaisuuksia (4/5) on tarjolla monipuolisesti, minkä lisäksi laaja ekosysteemi mahdollistaa palvelun räätälöinnin omiin tarpeisiin sopivaksi. Tietyt ominaisuudet, kuten kuvatiedostojen optimointi, voivat olla kuitenkin erillisen hinnoittelumallin alaisia tai vaatia maksullisen tilauksen. Kustannuksiltaan (5/5) palvelu on täysin ilmainen perusominaisuuksien osalta. Yleiset lisäominaisuudet, kuten tilastot ja laajemmat välimuistisäännöt, edellyttävät kuitenkin maksullista tilausta. Pro-tilaus on edullinen ottaen huomioon, että se sisältää muitakin Cloudflaren palveluita. Kyseessä on kuitenkin kiinteähintainen kuukausitilaus, jonka päälle voi syntyä lisäkustannuksia tiettyjä lisäominaisuuksia käytettäessä. Kokonaisvaikutelma (4/5) palvelusta on positiivinen, kunhan sen käyttöliittymään perehtyy. Ilmaisuus on merkittävä etu, mutta eritasoisten kuukausitilausten sisältöön ja lisäominaisuuksien hinnoitteluun on hyvä perehtyä niiden monimutkaisuuden vuoksi.

6.3.3 Gcore Edge Network CDN

Vertailussa Gcoren sisällönjakeluverkko osoittautui monipuoliseksi ja kehittäjäystävälliseksi palveluksi saaden kategorian toiseksi suurimmat kokonaispisteet 23. Kehittäjäkokemus (5/5) oli kaikin puolin hyvä ja palvelun käyttö intuitiivista. Dokumentaatioon (5/5) ei tarvinnut juuri tukeutua, sillä kaikkien ominaisuuksien ja asetusten merkitys kävi ilmi suoraan käyttöliittymästä. Dokumentaatio oli kuitenkin kattava ja helppokäyttöinen. Perusominaisuuksia palvelussa oli kattavasti ja lisäominaisuuksista (4/5) löytyi esimerkiksi kuvatiedostojen optimointipalvelu. Gcoren ekosysteemistä löytyy useita muitakin pilvipalveluita, joilla kustannuksia voidaan keventää ja integrointia yksinkertaistaa valitsemalla palveluita samalta palveluntarjoajalta. Kustannuksiltaan (4/5) palvelu on vertailun keskiluokkaa. Perustasoinen versio palvelusta on ilmainen, minkä lisäksi löytyy eri tilaustasoja. Hinnoittelu on selkeää ja vertailun edullisempien joukossa, mutta se ei kuitenkaan ollut vertailun joustavin. Kokonaisvaikutelma (5/5) oli todella hyvä ja laadukas.

6.3.4 KeyCDN

KeyCDN oli kategorian heikoin suoriutuja 12 kokonaispisteellä. Palvelu oli kaikkien osa-alueiden osalta hyvin pelkistetty. Sekä kehittäjäkokemus että dokumentaatio saivat kolme pistettä, sillä molemmat kategoriat suoriutuivat keskinkertaisesti. Lisäominaisuuksia (2/5) palvelussa oli vähän, ja niiden hinta-laatusuhde oli todella huono. Myöskään kustannuksiltaan (2/5) palvelu ei ollut erottunut edukseen, vaan oli vertailun toiseksi kallein, tarjoten huonoa vastinetta rahalle. Kokonaisvaikutelma (2/5) palvelusta oli negatiivinen. Verrattuna muihin palveluihin ei palvelusta noussut esiin mitään ominaisuuksia tai asioita, joiden takia palvelu olisi järkevä valita. Palvelu hoiti tehtävänsä, mutta se ei antanut mitään merkkejä laadusta.

6.3.5 Fastly CDN

Fastly sai vertailussa toiseksi huonoimmat kokonaispisteet 17. Palvelun kehittäjäkokemus (4/5) oli kuitenkin hyvä ja vertailun kärkeä. Erityismaininta versiokontrolloiduille asetuksille, joiden avulla vanhoihin asetuksiin palaaminen oli helppoa. Dokumentaatio (5/5) oli todella kattava, selkeä ja sisälsi myös paljon hyvää syvempää sisältöä perusasioiden lisäksi. Lisäominaisuuksia (3/5) oli kattavasti, mutta useat niistä olivat erillisen hinnoittelun takana. Kustannuksiltaan (2/5) palvelu oli ver-

tailun kallein ja hinnoittelu epäselvin. Nämä molemmat johtuivat pitkälti siitä, että palvelu on suunnattu selvästi isoille yritysasiakkaille. Esimerkiksi kuvatiedostojen optimointipalvelun hinnoittelua ei kerrota suoraan, vaan asiakkaan tulee ottaa yhteyttä myyntiin. Palvelusta oli saatavilla perustasoisen ilmaisversio, ja todelliseen käyttöön perustuva tilauspaketti, jonka minimikuukausihinta oli 50 dollaria. Kokonaisvaikutelma (3/5) palvelusta oli laadukas ja luotettava. Kokonaisvaikutelmaan vaikutti kuitenkin negatiivisesti palvelun selvä keskittyminen suuriin yritysasiakkaisiin ja kalliit kustannukset.

6.4 Transaktiosähköpostien välityspalvelut

Vertailussa tarkasteltiin viittä transaktiosähköpostien välityspalvelua (taulukko 12), joista neljä oli muutaman pisteen päässä toisistaan. Ne suoriutuivat mallikkaasti ja erot syntyivät pääasiassa hinnoittelusta. Sen sijaan Brevo sai heikoimmat pisteet, koska sen päätuote oli markkinointisähköpostit ja CRM-alusta. Transaktiosähköpostien välitys vaikutti olevan sille pienemmän prioriteetin tuote.

TAULUKKO 12. Vertailun pisteytys transaktiosähköpostien välityspalveluiden osalta.

Palveluntarjoaja	Kehittäjäkokemus	Dokumentaatio	Lisäominaisuudet ja palvelut	Hinnoittelu ja kustannukset	Kokonaisvaikutelma	Kokonaispisteet
Scaleway	4	4	4	5	5	22
Brevo	3	3	3	2	3	14
Postmark	5	5	5	2	4	21
AWS	4	4	4	4	4	20
Resend	5	5	5	3	5	23

6.4.1 Scaleway TEM

Scaleway TEM -palvelu saavutti vertailun korkeimmat kokonaispisteet 22/25. Kehittäjäkokemus (4/5) oli yksinkertainen mutta tehokas. Dokumentaation (4/5) sisältö oli kattava, mutta navigointi oli hieman haastavaa. Lisäksi palvelun ominaisuudet integroituivat osin muihin Scalewayn tuotteisiin.

Lisäominaisuuksia (4/5) palvelussa oli monipuolisesti, mukaan lukien verkkotunnuksen mainepisteiden seuranta (reputation score), kattavat webhookit ja ilmainen integraatio Grafana-analytiikkatyökaluun. Hinnoittelultaan (5/5) palvelu oli vertailun edullisempia ja selkeimmin hinnoiteltu: 1000 sähköpostia maksaa yksinkertaisesti 0,25 €. Palvelun kokonaisvaikutelma (5/5) oli erinomainen yksinkertaisuuden ja luotettavuuden ansiosta.

6.4.2 Brevo

Brevo on ensisijaisesti sähköpostimarkkinointi- ja CRM-alusta, joka tarjoaa transaktiosähköpostien välityspalvelun osana laajempaa tuotevalikoimaa. Palvelu sai vertailun alhaisimmat kokonaispisteet 14/25. Kehittäjäkokemus (3/5) oli keskitasoinen, sillä transaktioviestien ominaisuudet olivat integroituna markkinointisähköpostityökalun sisään, mikä teki käyttöönotosta epäselkeää. Dokumentaation (3/5) laatu oli riittävä, mutta oikean tiedon löytäminen vaati aikaa laajan tuotevalikoiman vuoksi. Lisäominaisuuksia (3/5) palvelussa oli useita, mutta ne liittyivät pääasiassa markkinointisähköposteihin. Hinnoittelultaan (2/5) Brevo oli vertailun kalleimpia, mikä tekee siitä epäedullisen pelkkien transaktioviestien lähettämiseen. Palvelun kilpailuetu piilee kuitenkin siinä, että sama tilauspaketti sisältää sekä markkinointi- että transaktioviestien lähetyksen. Kokonaisvaikutelma (3/5) palvelusta oli hyvä, mutta kun vertailussa etsittiin transaktiosähköpostien välittäjää, ei Brevo loistanut sen saralla. Palvelu sopisi paremmin käyttötapauksiin, joissa on tarve lähettää sekä markkinointi- että transaktiosähköposteja.

6.4.3 Postmark

Postmark sai vertailussa korkeat kokonaispisteet 21/25 erottuen erityisesti erinomaisella kehittäjäkokemuksellaan. Kehittäjäkokemus (5/5) oli vertailun parhaimmista, tarjoten suoraviivaisen käyttöönoton ja nopean sisäänkäynnin palvelun ominaisuuksiin. Dokumentaation (5/5) laatu oli poikkeuksellisen korkea, sisältäen opettavaisia artikkeleita, joista myös muiden palveluiden käyttäjät voivat hyötyä. Lisäominaisuuksien (5/5) osalta Postmark oli kattava, tarjoten muun muassa tehokkaan työkalun sähköpostipohjien luomiseen ja monipuolisen analytiikan. Lisäksi palvelun avulla on mahdollista lähettää myös markkinointisähköposteja, mikä oli erotettu selkeästi transaktioviestien lähettämisestä. Hinnoittelultaan (2/5) Postmark oli vertailun kallein, mikä heijastui sen laajan ominaisuusvalikoimaan ja korkeaan laatuun. Kokonaisvaikutelma (4/5) palvelusta oli hyvä, mutta korkeat kustannukset tekivät palvelusta epäedullisen pelkästään transaktioviestien lähettämiseen.

Palvelu on erinomainen vaihtoehto suurista kustannuksista huolimatta, jos on tarve lähettää sekä markkinointi- että transaktiosähköposteja.

6.4.4 AWS SES

AWS Simple Email Service (SES) saavutti vertailussa kokonaispistemäärän 20/25, saaden jokaiselta osa-alueelta tasaisesti neljä pistettä. Palvelun kehittäjäkokemus (4/5) oli suoraviivainen, vaikka käyttöönoton alkuvaiheessa täytyi tukeutua dokumentaatioon ymmärtääkseen AWS:n terminologian, eri ominaisuudet sekä integraatiot muihin AWS:n palveluihin. Dokumentaatio (4/5) oli monipuolinen ja sisältöä oli saatavilla runsaasti myös kolmansien osapuolten tuottamana palvelun suosion ansiosta. Lisäominaisuuksien (4/5) osalta SES tarjosi kattavan valikoiman eri työkaluja, kuten mallipohjat, verkkotunnuksen maineen seurannan ja postilokerosimulaattorin. Palvelu on kuitenkin pelkistetty, keskittyen nimenomaan sähköpostien välittämiseen, mikä näkyy esimerkiksi siinä, että tapahtumailmoitukset tulee toteuttaa erillisen AWS SNS (Simple Notification Service) -palvelun avulla. Hinnoittelumalli (4/5) oli vertailun edullisin, mutta kustannusten arviointi osoittautui monimutkaiseksi lukuisten muuttujien takia. Esimerkiksi viestikoko ja integraatiot muihin AWS:n palveluihin voivat nostaa kustannuksia. Palvelun ollessa jopa kuusi kertaa halvempi kuin muut vertailun palveluntarjoajat, monimutkaisella kustannusrakenteella ei kuitenkaan ollut suurta merkitystä kustannuksia vertaillessa, sillä SES oli vertailun halvin joka tapauksessa. Kokonaisvaikutelma (4/5) palvelusta oli myönteinen, mitä korosti erityisesti palvelun luotettavuus ja laaja käyttäjäkunta.

6.4.5 Resend

Resend saavutti vertailussa korkeimmat kokonaispisteet (23/25) erottuen erityisesti kehittäjäkokemuksen, dokumentaation ja lisäominaisuuksien laadulla. Palvelu markkinoi itseään kehittäjäkeskeisenä, mikä näkyi selkeästi: intuitiivinen käyttöliittymä, kattava dokumentaatio ja hyödylliset työkalut tekivät palvelusta poikkeuksellisen käyttäjäystävällisen. Kehittäjäkokemus (5/5) oli kaikilta osin erinomainen. Dokumentaatio (5/5) oli myös erinomaisesti toteutettu sekä kattava, tarjoten opettavaista sisältöä. Lisäominaisuudet (5/5) olivat erinomaisesti toteutettuja ja hyödyllisiä. Näistä esimerkkeinä React Email -kirjasto sähköpostien tyylittelyyn, sisäänrakennettu analytiikka ja tapahtumailmoitukset sekä viestien ajoittaminen. Hinnoittelu (3/5) oli selkeää tilauspakettien ansiosta. Kustannusten osalta palvelu sijoittui vertailun keskiluokkaan – se ei ollut kallein muttei myöskään

halvin. Kokonaisvaikutelma palvelusta (5/5) oli erinomainen eikä mitään moitittavaa löytynyt. Mielenkiintoinen havainto on, että Resend käyttää taustalla AWS SES -palvelua sähköpostien lähettämiseen, mutta tarjoaa huomattavasti paremman kehittäjäkokemuksen ja työkalut.

6.5 Konttipohjaiset pilvipalvelualustat (PaaS)

Vertailussa tarkasteltiin viittä konttipohjaista pilvipalvelualustaa (taulukko 13), joista kaksi suoriutui heikommin. Render.com oli palveluna todella hyvä, mutta kallis hinnoittelu ajoi sen ulos kärkijoukosta. DigitalOceanin App Platform oli pelkistetty kokonaisuus eikä pystynyt kilpailemaan muiden palveluiden kanssa. Muiden palveluiden osalta erot olivat pääasiassa yksittäisissä ominaisuuksissa ja hinnoittelussa.

TAULUKKO 13. Vertailun pisteytys konttipohjaisten pilvipalvelualustojen osalta.

Palveluntarjoaja	Kehittäjäkokemus	Dokumentaatio	Lisäominaisuudet ja palvelut	Hinnoittelu ja kustannukset	Kokonaisvaikutelma	Kokonaispisteet
Railway	5	4	4	3	4	20
Fly.io	4	5	4	5	4	22
Koyeb	5	5	5	5	5	25
Render.com	5	5	4	2	3	19
DigitalOcean	3	4	3	3	3	16

6.5.1 Railway

Railway suoriutui vertailussa hyvin, saaden kokonaispisteiksi 20/25, mikä on sille huomattavasti parempi suoritus kuin PostgreSQL-tietokantakategoriassa. Palvelun kehittäjäkokemus (5/5) oli erinomainen ja käyttöönotto oli yksinkertaista. Dokumentaatio (4/5) oli selkeä ja kattava, sisältäen kaiken tarpeellisen. Joitakin asioita on käsitelty turhan vajavaisesti, mutta palvelun intuitiivinen käyttöliittymä paikkasi dokumentaation puutteita hyvin eikä ongelmatilanteita syntynyt. Lisäominaisuuksia

sia (4/5) palvelussa oli kattavasti, ja ne paransivat myös kehittäjäkokemusta. Esimerkiksi testikontteja voidaan luoda ja tuhota automaattisesti Git Pull -pyyntöjen pohjalta. Palvelun yksi myyntivaltti on sen reaaliaikaiseen resurssikäyttöön perustuva hinnoittelumalli (3/5), jossa käyttäjä maksaa ainoastaan resursseista, joita hän käyttää minäkin hetkenä. Kyseinen hinnoittelumalli tekee palvelusta todella joustavan. Kustannukset olivat kuitenkin vertailun kalleimmasta päästä, mutta toisaalta palvelun erinomainen kehittäjäkokemus yksinkertaistaa DevOpsin ja infrastruktuuriin liittyvää työtä. Kokonaisvaikutelma (4/5) oli kiitettävä, sillä palvelun ominaisuudet ja hinnoittelumalli ovat optimoituja juuri konttitekniologiaa silmällä pitäen.

6.5.2 Fly.io

Fly.io saavutti vertailussa toiseksi korkeimmat kokonaispisteet 22/25. Palvelun dokumentaatio (5/5) oli erittäin hyvin toteutettu ja sisälsi myös opettavaista materiaalia. Hinnoittelultaan (5/5) palvelu oli vertailun edullisempien joukossa, ja tarjosi joustavuutta yli 30 eri palvelinkonfiguraation avulla. Palvelun erottavia lisäominaisuuksia (4/5) olivat sisäänrakennettu Grafana-metriikkatyökalu ja 35 maantieteellistä käyttöönottoaluetta. Kehittäjäkokemus (4/5) oli hyvä ja käyttöönotto suoraviivaista, vaikka useat asetukset olivatkin Flyctl -komentorivityökalussa eivätkä suoraan selainkäyttöliittymässä. Kokonaisvaikutelma (4/5) oli positiivinen, joskin palvelu vaikutti teknisemmältä verrattuna muihin palveluntarjoajiin.

6.5.3 Koyeb

Koyeb suoriutui vertailussa erinomaisesti, saavuttaen täydet kokonaispisteet 25/25. Palvelun kehittäjäkokemus (5/5) oli erinomainen, sillä käyttöönotto ja ylläpito oli tehty erittäin helpoksi ja suoraviivaisiksi, mikä nopeutti työskentelyä. Dokumentaatio (5/5) oli kattava, selkeästi toteutettu ja tarjosi apua teknisempiin kysymyksiin, kun taas käyttöliittymä ohjeisti perusasioissa. Lisäominaisuuksista (5/5) erottuivat ilmaiseksi tarjottu sisällönjakeluverkko ja DDoS-suojaus. Erityismainintana skaalautuvuuden helppous ja monipuolisuus, jotka mahdollistivat skaalauksen useiden eri parametrien perusteella. Kustannuksiltaan (5/5) Koyeb oli vertailun edullisempien joukossa, tarjoten erinomaisen hinta-laatusuhteen. Hinnoittelumalli perustuu selkeisiin tilauspaketteihin, jotka sisältävät samat perusominaisuudet. Valinnaisen kuukausimaksun lisäksi käyttäjä maksaa ainoastaan

kuluttamastaan infrastruktuurista. Kokonaisvaikutelma (5/5) palvelusta oli poikkeuksellisen positiivinen. Palvelu tarjosi monipuolisen ja joustavan kokonaisuuden kilpailukykyiseen hintaan, ja lisäksi palvelu vastasi kaikkia kohdesovelluksen tarpeita.

6.5.4 Render.com

Render suoriutui vertailussa hyvin saavuttaen kokonaispistemäärän 19/25. Kehittäjäkokemus (5/5) oli erinomainen, sillä käyttöönotto, ylläpito ja käyttöliittymä olivat selkeitä ja johdonmukaisia. Myös dokumentaatio (5/5) oli kattava sekä selkeä. Lisäominaisuuksista palvelu sai neljä pistettä. Render tarjoaa muun muassa sisäänrakennetun DDoS-suojauksen sekä OpenTelemetry-standardin mukaisen telemetriatyökalun ilman lisäkustannuksia. Kustannusrakenteeltaan (2/5) palvelu oli vertailun kallein. Erityisesti ulos lähtevän liikenteen lisämaksu on korkea: 0,30 USD/GB, kun muilla palveluntarjoajilla hinta on noin 0,05 USD/GB. Lisäksi palvelinresurssien hinnat nousevat varsin jyrkästi, mikä kasvattaa kustannuksia erityisesti vertikaalisesti skaalattaessa. Kokonaisvaikutelma (3/5) jäi ristiriitaiseksi, sillä palvelun kehittäjäkokemus ja laatu olivat vahvoja, mutta korkea hinnoittelu heikensi sen kilpailukykyä ja houkuttelevuutta.

6.5.5 DigitalOcean App Platform

DigitalOceanin App Platform jäi vertailun heikoimmaksi 16 kokonaispisteellä. Kehittäjäkokemus (3/5) oli kohtuullinen, mutta pelkistetty: konttien luominen ja ylläpito sujuivat vaivattomasti, mutta palvelu tarjosi vähemmän joustavuutta ja asetuksia kuin kilpailijansa. Dokumentaatio (4/5) oli selkeä, kattava ja auttoi myös teknisissä kysymyksissä. Palvelussa oli muutamia hyödyllisiä lisäominaisuuksia (3/5), kuten maksuton, sisäänrakennettu sisällönjakeluverkko (CDN) sekä DDoS-suojaus. Automaattinen skaalautuminen on mahdollista, mutta vain hintavimpien palvelinkonfiguraatioiden yhteydessä. Kustannuksiltaan (3/5) palvelu sijoittui vertailun keskiluokkaan: hinnoittelu oli selkeä ja kilpailukykyinen, mutta ominaisuuksien kokonaisuuteen nähden hinta-laatusuhde ei ollut paras mahdollinen. Kokonaisvaikutelma (3/5) jäi siten keskitasolle. App Platform voi olla riittävän mutkaton ratkaisu konttipohjaisten palveluiden ajamiseen, mikäli DigitalOceanin muita tuotteita, kuten objektivarastoja tai tietokantoja, on mahdollista hyödyntää ja infrastruktuurin hankkiminen yhdeltä palveluntarjoajalta on tärkeää.

6.6 Tulosten johtopäätökset

Kun vertailin 25 palvelua 23 eri palveluntarjoajalta, muodostui minulle kattava kuva kunkin palvelun kuin myös palveluntarjoajan vahvuuksista ja heikkouksista sekä tuotekategorialle tyypillisistä erityispiirteistä. Palveluiden väliset eroavaisuudet osoittautuivat pääosin vähäisiksi, vaikka jokaisessa kategoriassa ilmeni myös selvästi heikommin suoriutunut vaihtoehto. Pisteytystä tarkasteltaessa huomataan, kuinka jokaisesta kategoriasta erottui yksi palvelu, joka sai korkeimman kokonaispistemäärän. Se ei kuitenkaan tarkoittanut, että kyseinen palvelu olisi automaattisesti paras vaihtoehto kohdesovellukselle. Taulukossa 14. esitetään kunkin tuotekategorioittain se palvelu, jonka arvioin parhaaksi vaihtoehdoksi kohdesovellukselle.

TAULUKKO 14. Valitut palveluntarjoajat kohdesovellukselle

Kategoria	Palvelu	Perustelu
PostgreSQL-tietokannan palveluntarjoaja	Crunchy Bridge	Palvelu sai vertailussa lähes täydet pisteet (24/25), erottuen selkeästi ja osoittautuen yksinkertaisesti parhaaksi. Korkea laatu heijastui hieman korkeampina kustannuksina, jotka pysyivät kuitenkin varsin kilpailukykyisinä.
Objektivaraston palveluntarjoaja	Backblaze B2	Palvelu oli kustannuksiltaan edullinen ja laadukas, tarjoten erinomaisen hinta-laatusuhteen. Palvelusta löytyi myös helposti käytettävä ja kohdesovellukselle tärkeä Event Notifications -ominaisuus, jota muilta palveluntarjoajilta ei löytynyt tai jonka hyödyntäminen olisi ollut vaihalloista. Lisäksi ilmainen tiedonsiirto Bunny.netin kanssa oli merkittävä plussa.
Sisällönjakoverkko	Bunny.net	Palvelu sai täydet pisteet, ja sen helppokäyttöisyys yllätti. Hinta-laatusuhde oli erinomainen ja hinnoittelu joustavaa. Kuvien optimoinnin lisäosa, <i>Bunny Optimizer</i> , oli tehokas ja edullinen.

(jatkuu)

TAULUKKO 14. (jatkuu)

Transaktiosähköpostien välityspalvelu	Scaleway TEM	Palvelun käyttöönotto ja ylläpito oli helppoa. Siitä löytyivät kaikki tarvittavat ominaisuudet, ja hinnoittelu oli suoraviivainen. ¹
Konttipohjainen pilvipalvelualusta	Koyeb	Palvelu sai täydet pisteet. Siitä löytyivät kaikki tarvittavat, laadukkaasti toteutetut ominaisuudet, ja hinta-laatusuhde oli erinomainen.

¹ Resend sai yhden pisteen enemmän kuin Scaleway TEM, koska sen kehittäjäkokemus sekä lisäominaisuudet olivat paremmat kuin Scaleway TEM -palvelussa. TEM valikoitui kuitenkin suoraviivaisen ja edullisemmän hinnoittelun perusteella.

7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa kohdesovellukselle sopivimmat palveluntarjoajat viidessä kategoriassa: PostgreSQL-tietokanta, objektivarasto, sisällönjakeluverkko (CDN), transaktiosähköpostien välityspalvelu sekä konttipohjainen pilvipalvelualusta. Koska vertailtavia palveluita oli yhteensä 25, tarkastelu rajattiin tarkoituksella pintatasolle, jolloin kukin palvelu pisteytettiin viidessä käytännönläheisessä osa-alueessa: kehittäjäkokemus, dokumentaatio, lisäominaisuudet, hinnoittelu ja kokonaisvaikutelma. Tulokset osoittivat, että jokaisessa kategoriassa yksi tai kaksi palvelua suoriutui heikommin, mutta valtaosa jäi vain muutaman pisteen päähän toisistaan. Pieni hajonta viittasi kypsään tarjontaan, jossa perusvaatimukset täyttyvät tasaisesti ja palveluiden laatu on hyvä. Kohdesovellukselle valittiin lopuksi yksi palveluntarjoaja kustakin kategoriasta. Valinnat perustuivat siihen, että kyseiset palvelut täyttivät parhaiten kohdesovelluksen tarpeet, tarjosivat vahvan kehittäjäkokemuksen ja hyvän hinta-laatusuhteen.

Vertailu toteutettiin soveltavana vertailututkimuksena, jossa kullekin arvioitavalle osa-alueelle määriteltiin arviointikriteerit ja pisteytystaulukko, joiden avulla palvelut voitiin vertailla rinnakkain kaikissa viidessä tuotekategoriassa. Vaikka kriteerit ohjasivat arviointia, omat mieltymykseni heijastuivat pisteytykseen erityisesti kehittäjäkokemuksen osalta, joka on luonteeltaan subjektiivinen tarkastelukohde. Laaja palveluvalikoima ja subjektiivisuus merkitsivät myös sitä, ettei yksittäisiin palveluihin tai teknisiin ominaisuuksiin voitu paneutua syvällisesti. Jatkossa olisi perusteltua rajata tutkimus yhteen kategoriaan ja vertailla sen palveluntarjoajia perusteellisemmin. Tämä syventäisi ymmärrystä kategorian erityispiirteistä ja mahdollistaisi objektiivisempien mittareiden, kuten suorituskyvyn ja skaalautumisen, analysoinnin.

Työn tuloksena syntynyt katsaus 25 palvelusta ja kohdesovellukselle valikoidut viisi ratkaisua tarjoavat muillekin projekteille hyvän lähtökohdan palveluiden vertailuun. Tarkastellut kategoriat ovat yleisesti käytössä erityisesti web-kehityksessä, mutta myös muissa ohjelmistoprojekteissa. Koska jokaisella projektilla on omat vaatimuksensa ja prioriteettinsa, tämän työn tuloksia ei tule käyttää sellaisenaan, vaan arviointi on syytä toistaa omilla kriteereillä. Tulokset kuitenkin rajaavat etsintäaluetta ja osoittavat, mihin palveluihin kannattaa tutustua ensin. On myös tärkeää huomata, että palveluiden ominaisuudet ja hinnoittelu muuttuvat nopeasti. Myös tämän vertailun aikana joitakin palveluita pisteytettiin uudelleen hinnanmuutosten ja uusien ominaisuuksien vuoksi. Tänäpäivän hyvän hinta-laatusuhteen tarjoava palvelu ei välttämättä ole sitä vuoden päästä, jos hinnat nousevat, ja

vastaavasti tämän päivän keskinkertainen vaihtoehto voi kehittyä erinomaiseksi muutamassa vuodessa.

Opinnäytetyö syvensi ymmärrystäni siitä, mitkä tekijät tekevät palvelusta kehittäjäystävällisen: selkeä dokumentaatio, yksinkertainen käyttöönotto ja palveluntarjoajan kehittäjäkokemuksesta korostava asenne. Perehdyin samalla eri tuotekategorioiden markkinatilanteeseen ja palveluntarjoajien eroavaisuuksiin, ja opin tunnistamaan kullekin kategorialle tyypillisiä ominaisuuksia ja teknisiä ratkaisuja. Opinnäytetyöprosessi kehitti analysointitaitojani ja vahvisti kykyäni punnita kustannusten, ominaisuuksien ja ylläpidettävyyden välisiä kompromisseja. Myös lähestymistapani infrastruktuuriratkaisuihin muuttui: en pidä niitä enää vain yksittäisinä teknisinä valintoina, vaan myös strategisina päätöksinä, jotka vaikuttavat pitkän aikavälin kehitykseen. Lisäksi työ vahvisti käsitystäni siitä, että infrastruktuuripalvelut ovat kehittäjien päivittäin käyttämiä työkaluja. Jos kehittäjäkokemus on heikko, käyttö on turhauttavaa ja hidasta – erityisesti silloin, kun tiedossa on parempia ja miellyttävämpiä vaihtoehtoja. Siksi helppokäyttöisyys ja hyvä kehittäjäkokemus vaikuttavat suoraan tuottavuuteen ja työssä viihtymiseen.

LÄHTEET

Agarwal, Gaurav 2024. Modern DevOps Practices – Second Edition. O'Reilly Media. Hakupäivä 19.3.2025. <https://learning.oreilly.com/library/view/modern-devops-practices/9781805121824/>.
Vaatii käyttöoikeuden.

Antikainen, Aino 2022. Julkisen pilven hyödyt ja haasteet startup-yrityksille. Tampereen yliopisto. Johtamisen ja talouden tiedekunta. Kandidaatintyö. Hakupäivä 28.5.2024. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202212159213>.

AWS 2006. Amazon Web Services Launches. Amazon. Hakupäivä 23.10.2024. <https://press.aboutamazon.com/2006/3/amazon-web-services-launches>.

AWS 2024a. AWS Cloud Products. AWS. Hakupäivä 5.6.2024. <https://aws.amazon.com/products>.

AWS 2024b. What's the Difference Between Web Apps, Native Apps, and Hybrid Apps? AWS. Hakupäivä 29.5.2024. <https://aws.amazon.com/compare/the-difference-between-web-apps-native-apps-and-hybrid-apps/>.

AWS 2024c. What is Object Storage? Hakupäivä 23.10.2024. <https://aws.amazon.com/what-is/object-storage/>.

Backblaze 2024. Introduction to the S3-Compatible API. Backblaze documentation. Hakupäivä 23.10.2024. <https://www.backblaze.com/apidocs/introduction-to-the-s3-compatible-api>.

Begin, Thomas, Brandwajn, Alexandre & Tchana, Alain 2022. Data center disaggregation: when and how much? Teoksessa: 9th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud), 62–66. Hakupäivä 28.5.2024. <https://doi.org/10.1109/FiCloud57274.2022.00016>.

Bell, Christopher, Burket, Jonathan & Rathnavelu, Kadir 2019. Build high-volume email applications with Amazon SES (EUC207). Amazon Web Services Events. Hakupäivä 27.11.2024. <https://www.youtube.com/watch?v=-SZHt2t-Lnl>.

Brevo 2024. GDPR in Email Marketing: How to Be Compliant and Avoid Fines. Brevo blog. Hakupäivä 1.1.2025. <https://www.brevo.com/blog/gdpr-email-marketing/>.

Broshar, Alisdair 2021. Blue-green, rolling and canary: continuous deployment explained. Koyeb blogi. Hakupäivä 21.8.2025. <https://www.koyeb.com/blog/blue-green-rolling-and-canary-continuous-deployments-explained>.

Bunny.net 2024. What is a Content Delivery Network (CDN)? Bunny.net Academy. Hakupäivä 5.11.2024. <https://bunny.net/academy/cdn/what-is-a-cdn-content-delivery-network/>.

Churchill, Maesen 2018. Evolving search recommendations on Pinterest. Pinterest Engineering Blogi. Hakupäivä 7.11.2024. <https://medium.com/pinterest-engineering/evolving-search-recommendations-on-pinterest-136e26e0468a>.

Cloudflare 2024a. S3-compatible object storage solutions. Cloudflare R2 lisätietosivu. Hakupäivä 23.10.2024. <https://www.cloudflare.com/developer-platform/solutions/s3-compatible-object-storage/>.

Cloudflare 2024b. What is object storage? Cloudflare Learning Center. Hakupäivä 23.10.2024. <https://www.cloudflare.com/learning/cloud/what-is-object-storage/>.

Cloudflare 2024c. How website performance affects conversion rates. Cloudflare Learning Center. Hakupäivä 5.11.2024. <https://www.cloudflare.com/learning/performance/more/website-performance-conversion-rates/>.

Cloudflare 2024d. Tips to improve website speed | How to speed up websites. Cloudflare Learning Center. Hakupäivä 5.11.2024. <https://www.cloudflare.com/learning/performance/speed-up-a-website/>.

Cloudflare 2024e. CDN performance. Cloudflare Learning Center. Hakupäivä 6.11.2024. <https://www.cloudflare.com/learning/cdn/performance/>.

Cloudflare 2025. What are DMARC, DKIM, and SPF? Cloudflare Learning Center. Hakupäivä 19.1.2025. <https://www.cloudflare.com/learning/email-security/dmarc-dkim-spf/>.

Colvin, Geoff 2022. How Amazon grew an awkward side project into AWS, a behemoth that's now 4 times bigger than its original shopping business. Fortune-lehden artikkeli. Hakupäivä 5.11.2024. <https://fortune.com/longform/amazon-web-services-ceo-adam-selipsky-cloud-computing/>.

Coursera 2023. What Is a Cloud Engineer? Building and Maintaining the Cloud. Coursera. Hakupäivä 5.6.2024. <https://www.coursera.org/articles/what-is-a-cloud-engineer>.

Datadog 2025. Auto-scaling Overview. Datadog Knowledge Center. Hakupäivä 21.8.2025. <https://www.datadoghq.com/knowledge-center/auto-scaling/>.

DMA 2022. Consumer Email Tracker 2023. Data & Marketing Association. Hakupäivä 27.11.2024. <https://dma.org.uk/uploads/misc/email-consumer-tracker-2023-new.pdf>.

Docker Inc. 2025. What is Docker? Hakupäivä 20.8.2025. <https://docs.docker.com/get-started/docker-overview/>.

Dossetto, Fio 2022. Domain reputation, explained. Postmark Glossary. Hakupäivä 14.12.2024. <https://postmarkapp.com/glossary/domain-reputation>.

Erl, Thomas & Barceló Monroy, Eric 2023. Cloud Computing: Concepts, Technology, Security, and Architecture, 2nd Edition. O'Reilly Media. Hakupäivä 28.5.2024. <https://learning.oreilly.com/library/view/cloud-computing-concepts/9780138052287/>. Vaatii käyttöoikeuden.

Feinler, Elizabeth & Vittal, John 2022. Email Innovation Timeline. Computer History Museum. Hakupäivä 27.11.2024. <https://archive.computerhistory.org/resources/access/text/2022/08/102806104-05-01-acc.pdf>.

FTC 2023. CAN-SPAM Act: A Compliance Guide for Business. Federal Trade Commission Business Guidance Resources. Hakupäivä 1.1.2025. <https://www.ftc.gov/business-guidance/resources/can-spam-act-compliance-guide-business>.

Gienow, Michelle 2023. What is multi-region architecture? The key to high availability & risk mitigation. Cockroach Labs Blog. Hakupäivä 21.8.2025. <https://www.cockroachlabs.com/blog/multi-region-architecture-ha/>.

GitHub 2024. What is containerization? GitHub Articles. Hakupäivä 19.3.2025. <https://github.com/resources/articles/devops/containerization>.

Google Cloud 2024. Google Cloud products. Google Cloud. Hakupäivä 5.6.2024. <https://cloud.google.com/products>.

Google Cloud 2025. PaaS vs. IaaS vs. SaaS vs. CaaS: How are they different? Google Cloud Learn. Hakupäivä 19.3.2025. <https://cloud.google.com/learn/paas-vs-iaas-vs-saas>.

Heroku 2024. What is Heroku? Heroku Resources. Hakupäivä 5.6.2024. <https://www.heroku.com/what>.

IBM 2024. Object vs. File vs. Block Storage: What's the difference? Hakupäivä 23.10.2024. <https://www.ibm.com/think/topics/object-vs-file-vs-block-storage>.

Instagram Engineering 2011. What Powers Instagram: Hundreds of Instances, Dozens of Technologies. Hakupäivä 25.5.2024. <https://instagram-engineering.com/what-powers-instagram-hundreds-of-instances-dozens-of-technologies-adf2e22da2ad>.

Instagram Engineering 2015. Trending on Instagram. Hakupäivä 25.5.2024. <https://instagram-engineering.com/trending-on-instagram-b749450e6d93>.

Kelly, Dan 2022. A brief history of databases: From relational, to NoSQL, to distributed SQL. Cockroach Labs Blogi. Hakupäivä 16.11.2024. <https://www.cockroachlabs.com/blog/history-of-databases-distributed-sql/>.

Kleppmann, Martin 2017. Designing Data-Intensive Applications. O'Reilly Media. Hakupäivä 23.5.2024. <https://learning.oreilly.com/library/view/-/9781491903063/>. Vaatii käyttöoikeuden.

Kumaran, Neil 2022. Understanding Gmail's spam filters. Google Workspace Blogi. Hakupäivä 14.12.2024. <https://workspace.google.com/blog/identity-and-security/an-overview-of-gmails-spam-filters>.

Lavrik, Anton 2018. A Reflection on Building the WhatsApp Server. Videoitu konferenssin puhe 17.3.2018. Lataaja Code Sync. Hakupäivä 25.5.2024. <https://www.youtube.com/watch?v=LJx6mUEFAqQ>.

Lovan, Artem, Bhagat, Nikhail, Pasappulatti, Mohan & Gupta, Tulip 2024. Using latency-based routing with Amazon CloudFront for a multi-Region active-active architecture. AWS Blog. Hakupäivä 21.8.2025. <https://aws.amazon.com/blogs/networking-and-content-delivery/latency-based-routing-leveraging-amazon-cloudfront-for-a-multi-region-active-active-architecture/>.

Macdonald, Mark 2023. What Is a Transactional Email? Types and Best Practices (2024). Shopify blogi. Hakupäivä 27.11.2024. <https://www.shopify.com/blog/ecommerce-transactional-emails>.

MDN 2023. CDN. MDN Glossary. Hakupäivä 5.11.2024. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/CDN>.

MDN 2024a. Lazy loading. MDN References. Hakupäivä 5.11.2024. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Performance/Lazy_loading.

MDN 2024b. HTTP caching. MDN References. Hakupäivä 5.11.2024. <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTTP/Caching>.

Mesnier, Mike, Ganger, Gregory R. & Riedel, Erik 2003. Object-based storage. IEEE Communications Magazine lehti 41, (8), 84-90. Hakupäivä 5.11.2024. <https://www.pdl.cmu.edu/ftp/Storage/MesnierIEEE03.pdf>.

Microsoft 2024. What is Azure? Azure Resources. Hakupäivä 5.6.2024. <https://azure.microsoft.com/en-us/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-azure>.

Nielsen, Jakob 2008. Transactional Email and Confirmation Messages. NNGroup. Hakupäivä 14.12.2024. <https://www.nngroup.com/articles/transactional-and-confirmation-email/>.

Nielsen, Jakob 2010. Website Response Times. NNGroup. Hakupäivä 5.11.2024. <https://www.nngroup.com/articles/website-response-times/>.

Nikulchev, Evgeny, Ilin, Dmitry & Gusev, Alexander 2021. Technology Stack Selection Model for Software Design of Digital Platforms. Matchematics 9 (4), 308. Hakupäivä 1.5.2024. <https://doi.org/10.3390/math9040308>.

OpenJS Foundation 2025. About Node.js. Hakupäivä 20.8.2025. <https://nodejs.org/en/about>.

Oracle 2021. 17 Use Cases for Graph Databases and Graph Analytics. Diaesitys. Oraclen tuotesivu. Hakupäivä 16.11.2024. <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/graph-database-use-cases-ebook.pdf>.

Pan, Jiangwei, Tang, Gary, Wang, Henry & Basilico, Justin 2024. Recommending for Long-Term Member Satisfaction at Netflix. Netflix Engineering Blogi. Hakupäivä 7.11.2024. <https://netflixtechblog.com/recommending-for-long-term-member-satisfaction-at-netflix-ac15cada49ef>.

Petrov, Alex 2019. Database Internals. O'Reilly Media. Hakupäivä 23.5.2024. <https://learning.oreilly.com/library/view/-/9781492040330/>. Vaatii käyttöoikeuden.

Railway 2024. About Railway. Railway Documentation. Hakupäivä 5.6.2024. <https://docs.railway.app/overview/about-railway>.

SST 2024. Build modern full-stack applications on AWS. SST Etusivu. Hakupäivä 5.6.2024. <https://sst.dev/>.

Stack Exchange Inc 2025. 2025 Developer Survey. Hakupäivä 20.8.2025. <https://survey.stackoverflow.co/2025/technology/>.

Susnjara, Stephanie & Smalley, Ian 2024. Benefits of containers. IBM. Hakupäivä 25.5.2024. <https://www.ibm.com/topics/containers>.

Switzer, Nick 2025. Downtime cost: Why reliability and robust delivery are non-negotiable. Hakupäivä 24.8.2025. <https://www.contentful.com/blog/downtime-cost/>.

Synergy Research Group 2024. Cloud Market Gets its Mojo Back; AI Helps Push Q4 Increase in Cloud Spending to New Highs. Synergy Research Group. Hakupäivä 5.6.2024. <https://www.srgresearch.com/articles/cloud-market-gets-its-mojo-back-q4-increase-in-cloud-spending-reaches-new-highs>.

The Linux Foundation 2025. FAQ. Hakupäivä 20.8.2025. <https://opencontainers.org/faq/>.

The PostgreSQL Global Development Group 2024. A Brief History of PostgreSQL. Hakupäivä 1.5.2024. <https://www.postgresql.org/docs/current/history.html>.

The Radicati Group 2021. Email Statistics Report, 2021-2025. Tutkimusraportin tiivistelmä. Hakupäivä 27.11.2024. <https://www.radicati.com/wp/wp-content/uploads/2020/12/Email-Statistics-Report-2021-2025-Executive-Summary.pdf>.

Vergadia, Priyanka 2024. Wait... What is cloud again? Hakupäivä 16.3.2025. <https://www.thecloudgirl.dev/compute/what-is-cloud>.

Wilson, Ainsley 2024. Why Site Speed Is So Important For CRO, SEO, and Loyalty. Shopify Blogi. Hakupäivä 5.11.2024. <https://www.shopify.com/blog/site-speed-importance>.