

Mari Kinnunen

**IT-PALVELUTUOTANNON HÄIRIÖIDEN AIHEUTTA-
JAT JA PALVELUN LAADUN KEHITTÄMINEN**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2020

TIIVISTELMÄ

Kinnunen, Mari

IT-palvelutuotannon häiriöiden aiheuttajat ja palvelun laadun kehittäminen

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 87 s.

Tietojärjestelmätiede, pro gradu -tutkielma

Ohjaaja: Siponen, Mikko

Hyödynnämme tietojärjestelmiä laaja-alaisesti niin työssä kuin vapaa-ajallamme. Tietojärjestelmien merkityksen kasvaessa niiden kohtaamat suunnitelmattomat palvelukatkot muodostuvat entistä häiritsevämmiksi tekijöiksi. Palvelukatkojen esiintymisen syyt toimivat tämän tutkielman motivaationa, se keskittyy tutkimaan mitkä tekijät aiheuttavat palvelukatkoja tämän päivän tietojärjestelmissä. Tässä tutkielmassa peilataan myös palveluiden hallintaan ja kehittämiseen tarjolla olevia eri viitekehyksiä, jotka kuvaavat alan parhaita käytäntöjä erilaisten yleisten tarpeiden täyttämiseksi.

Tutkimus on toteutettu kvalitatiivisilla menetelmillä. Teoriaosuus on tässä keskittynyt kartoittamaan aikaisempia tieteellisiä tutkimuksia IT-palveluiden hallinnasta, tietojärjestelmien laadusta ja suunnitelmattomista palvelukatkoista. Empiirinen osuus toteutettiin keräämällä arkistoitua aineistoa usealta eri organisaatiolta, johon oli dokumentoitu todellisia tietojärjestelmien tuotantoympäristöissä kohdattuja palvelukatkoja.

Tutkimustulokset viittaavat tiettyihin puutteisiin sekä tietojärjestelmien palvelutuotannossa, että näiden pohjalla olevassa infrastruktuurissa. Eräät yleiset virhetilanteet selittivät valtaosan havaituista palvelukatkoista, etenkin näiden juurisyitä korjaamalla voidaan mahdollisesti saavuttaa helppoja voittoja palvelutuotannon laadun parantamisessa. Tietojärjestelmän palvelutuotannon kokonaisvaltaiseen laatuun vaikuttaa joka tapauksessa useita tekijöitä, joissa voidaan havaita kehittämiskohteita järjestelmän saatavuuden takaamiseksi.

Asiasanat: palvelukatkot, palveluiden hallinta, järjestelmäkehitys, palvelun laatu, ITIL, palvelutuotanto

ABSTRACT

Kinnunen, Mari

Unplanned Outages in IT Service Delivery: Developing Service Quality

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 87 pp.

Information Systems, Master's Thesis

Supervisor(s): Siponen, Mikko

We use information systems both at work and in our free time extensively. As the importance of information systems grows, unplanned service outages become even more disruptive. This study is focused on examining the causes of unplanned downtime. It also reflects on the different frameworks available for service management and systems development, which describe best practices to meet different general needs.

The research has been carried out by using qualitative methods. The theoretical part here has focused on mapping previous scientific studies about the management of IT services, the quality of information systems, and unplanned service outages. The empirical part of the study was carried out by collecting archival records from several different organizations which document actual service interruptions that were encountered in the production environments of different information systems.

The research results point to certain shortcomings both in the service production of information systems and in the underlying infrastructure. Certain outage causes explained the majority of the observed service outages. By improving the quality of these causes, an organization can potentially achieve easy wins in terms of service quality. Either way, the overall quality of the service production of an information system is affected by a number of factors, where different areas for improvement can be identified to ensure the availability of the system.

Keywords: service outages, service management, system development, service quality, ITIL, service production

KUVIOT

KUVIO 1 Insidenttien hallinnan prosessi organisaatiossa (muokattu lähteestä Bartolini, Stefanelli & Tortonesi, 2010).	16
KUVIO 2 Varmuus-velositeetti kategoriointimalli muutoksenhallinnassa (muokattu lähteestä Schermann ym., 2016).	21
KUVIO 3 Insidentin hallinnan etenemisprosessi (muokattu lähteestä Gupta, Prasad & Mohania, 2008).	23
KUVIO 4 Malli tietojärjestelmän menestystekijöistä (muokattu lähteestä DeLone & McLean, 2003).	26
KUVIO 5 Palvelukatkojen aiheuttamia taloudellisia menetyksiä eri skenaarioissa (muokattu lähteestä Dübendorfer, Wagner & Plattner, 2004).	39
KUVIO 6 Aineistosta hylätyt insidentit ja niiden syyt.	54
KUVIO 7 Palvelukatkojen yleisimmät aiheuttavat tekijät.	55
KUVIO 8 Ohjelmistovirheiden aiheuttamat palvelukatkot.	58
KUVIO 9 Verkkovirheiden aiheuttamat palvelukatkot.	59
KUVIO 10 Konfiguraatioiden aiheuttamat palvelukatkot.	61
KUVIO 11 Inhimillisten virheiden aiheuttamien palvelukatkojen osuus.	62
KUVIO 12 Tallennustilan aiheuttamat palvelukatkot.	63
KUVIO 13 Ylikuormituksen aiheuttamat palvelukatkot.	64
KUVIO 14 Laitteiston aiheuttamat palvelukatkot.	65
KUVIO 15 Ristiriippuvuuksien aiheuttamat palvelukatkot.	66
KUVIO 16 Päivitysten aiheuttamat palvelukatkot.	67
KUVIO 17 Virran, tietoturvan ja palalutumisen ohjeiden aiheuttamat palvelukatkot.	69

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Esimerkki suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheuttavien tekijöiden luokittelu (Enriquez, Brown & Patterson, 2002).	33
TAULUKKO 2 Aiempien akateemisten tutkimusten kategorisointia palvelukatkojen aiheuttajille.	43
TAULUKKO 3 Synteesi suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheuttajista.	44
TAULUKKO 4 Tutkimukseen osallistuneiden organisaatioiden taustatiedot.	53
TAULUKKO 5 Aineiston luokittelemat palvelukatkojen aiheuttajat.	55
TAULUKKO 6 Aineiston pohjalta muodostettu teemoittelu.	56

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
KUVIOT	4
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
KÄSITEHAKEMISTO	7
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Tutkimuksen tavoite	10
1.2 Tutkimuksen suunnittelu	11
1.3 Tavoitellut tulokset.....	11
2 IT-PALVELUIDEN HALLINTA	13
2.1 Parhaita käytäntöjä palveluiden hallintaan	14
2.2 Laadunhallinta ja sen puutteet	17
2.3 Muutostenhallinta ja testaus	19
2.4 Virhetilanteiden hallinta	22
2.5 IT-palveluiden hallinnan yhteenveto	24
3 TIETOJÄRJESTELMÄN LAADUN MITTAROINTI.....	26
3.1 Järjestelmän laatu.....	27
3.2 Aikomus käyttää järjestelmää sekä järjestelmän käyttö.....	28
3.3 Käyttäjätyytyväisyys	29
4 PALVELUKATKOT	31
4.1 Palvelukatkot tietojärjestelmissä	32
4.2 Palvelukatkot pilvipalveluissa.....	34
4.3 Palvelukatkojen vaikutuksia organisaatiolle	37
5 TUTKIMUKSIA TIETOJÄRJESTELMIEN PALVELUKATKOISTA.....	41
6 EMPIIRINEN TUTKIMUS PALVELUKATKOISTA.....	47
6.1 Tutkimusmetodin valinta	48
6.2 Aineiston analysointi.....	49

7	TUTKIMUSTULOKSET	52
	7.1.1 Kerätty aineisto ja analyysi	53
	7.1.2 Ohjelmistovirheet	57
	7.1.3 Verkkovirheet	58
	7.1.4 Konfiguraatiovirheet.....	59
	7.1.5 Inhimilliset virheet	61
	7.1.6 Tallennustila.....	62
	7.1.7 Ylikuormitus	63
	7.1.8 Laitteisto	64
	7.1.9 Ristiriippuvuudet.....	65
	7.1.10 Päivitys	66
	7.1.11 Virta, tietoturva, palautumisen ohjeet ja luonnononnettomuudet	67
8	TULKINTA JA POHDINTA	70
	8.1 Suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheuttajat.....	70
	8.2 Suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyyt	73
	8.3 Palvelutuotannon laadun parantaminen	75
	8.4 Luotettavuuden arviointi ja mahdolliset jatkotutkimuskohteet.....	76
9	YHTEENVETO	77
	LÄHTEET	79

KÄSITEHAKEMISTO

Käsite	Selite
Organisaatio	Tässä tutkimuksessa organisaatiolla viitataan yleisesti yhteen järjestäytyneeseen toimijaan, joita ovat esimerkiksi itsenäiset yritykset, julkishallinnon instanssit tai säätiöt.
Tietojärjestelmä	Laitteista ja ohjelmistoista koostuva kokonaisuus, jonka tarkoituksena on käsitellä tietoja tehokkaasti.
Palvelukatko	Ajanjakso, jolloin tietojärjestelmä ei ole käytettävissä. Palvelukatko voi olla luonteeltaan joko suunniteltu tai suunnittelematon.
Suunnittelematon palvelukatko	Tietojärjestelmän sovittuun toiminta-aikaan sijoittuva ajanjakso, jolloin järjestelmä ei olekaan käytettävissä.
Palvelinlaitteisto	Fyysinen laite tai laitteistoryhmä jota käytetään tietojärjestelmän suorittamiseen.
Tietoverkko, verkko	Tietoliikenneverkko, joka yhdistää tietokoneet ja tietojärjestelmät toisiinsa ja mahdollistaa näiden väliset yhteydet.
Tietokanta	Tässä tutkimuksessa tietokannalla tarkoitetaan tietojärjestelmän perustana toimivaa ohjelmistoa, johon varsinaiset tiedot tallennetaan.
Tallennustila	Fyysinen kapasiteetti tiedon tallentamiseen tietojärjestelmässä tai esimerkiksi sen käytössä tietokannassa.
IT-palveluiden hallinta	Prosessit, joiden avulla organisaatio tuottaa tietojärjestelmiin liittyviä palveluita.
ITIL	Yleisesti käytetty viitekehys, joka määrittelee parhaita käytäntöjä IT-palveluiden hallintaan.
Tiketti	Erilaisista pyynnöistä kirjattu tietue, joka sisältää tähän liittyvän dokumentaation. Voi liittyä esimerkiksi palvelupyyntöihin, muutoksiin tai virhetilanteisiin.
Insidentti	Tiketti, joka on kirjattu virheestä tai häiriöstä, sisältää kuvauksen ja yleensä myös ratkaisun havaittuun ongelmaan.

1 JOHDANTO

Käyttämämme digitaaliset palvelut ovat muodostuneet jokapäiväiseksi hyödykkeeksi, kun kulutamme erilaisia tietojärjestelmiä niin työssä kuin arjessa. Tietojärjestelmät ovat myös yhä useammassa toiminnassa mukana, tiettyjen tehtävien toimintakyky on jo riippuvaista siihen liittyvän tietojärjestelmän toiminnasta. Tämän pro gradu -tutkielman tavoitteena on selvittää, miten näiden tietojärjestelmien kohtaamat suunnittelemattomat palvelukatkot vaikuttavat organisaatioiden toimintaan. Tietojärjestelmä, jonka rooli on kriittinen organisaation toiminnan kannalta, on nykyaikaisen paradigman mukaisesti korkean tavoitettavuuden järjestelmä, jonka hallintatapa on systemaattista ja suunniteltua. Palvelukatkojen esiintyminen ei kuitenkaan ole mitenkään harvinaista. Päinvastoin, käyttäjät ovat jopa paikoin tottuneet niiden esiintymiseen ja palvelukatkojen esiintymistä saatetaan pitää jopa normaalina (ks. esim. O'Callaghan & Mariappanadar, 2008).

Menestyksellä käyttöönotetun tietojärjestelmän omaksuminen edellyttää ymmärrystä useista tekijöistä, kuten laadusta, käytöstä ja tyytyväisyydestä. Järjestelmän laadun yksi ulottuvuus on sen saatavuus, eli miten hyvin tietojärjestelmä on käyttäjän kannalta saatavilla ilman virhetilanteita jotka estävät sen käyttämisen (Nelson, Todd & Wixom, 2005). Tietojärjestelmien merkitys on entistä tärkeämmässä roolissa nyky-yhteiskunnassa, erityisesti yritysten ja organisaatioiden päivittäisessä toiminnassa (Gannon, 2013). Tietojärjestelmät kehityskulku on kuitenkin muuttunut entistä monimutkaisemmaksi, jolloin myöskin järjestelmien hallinta on vaikeaa ja siten häiriöiden esiintyminenkin tavanomaista (Hoffmann, Salfner & Malek, 2004). Tietojärjestelmien palvelutuotannon häiriöt eivät ole pelkästään käyttäjien kokemia estoja palvelun käytölle, vaan niistä muodostuu myös määrällisesti mitattavissa olevaa haittaa organisaatiolle. Tutkimusten mukaan palvelukatkot kustantavat keskimäärin 5,600 USD jokaiselta minuutilta, kun järjestelmä on tavoittamattomissa. Tämä tarkoittaa yli 300,000 USD kustannuksia tunnissa, senkin ollessa vain keskiarvo todellisista menetyksistä (Cappuccio, 2013). Suorien kustannustekijöiden lisäksi palvelukatkot voivat vaikuttaa myös asiakkaan päätökseen palvelun käytön jatkamisesta. Käyttäjät voivat olla jopa valmiita maksamaan enemmän toisen tar-

joajan palvelusta, jos se koetaan vakaammaksi ja vähemmän häiriöalttiiksi (Tsohou, Siponen & Newman, 2019).

Palvelukatkoilla on siis sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia niin palveluita tuottaville organisaatioille sekä heidän henkilöstölleen, kuin myös yksityisille ihmisille jotka mahdollisesti kuluttavat näiden tietojärjestelmillä tuotettua palvelua tavalla tai toisella. Laajamittaiset häiriöt pankkien tietojärjestelmissä ovat aiheuttaneet pankkien asiakkaille ongelmia muun muassa verkkomaksujen, tunnistautumispalveluiden, tilitapahtumien, asiakastapaamisten sekä korttimaksamisen suhteen. Vuonna 2019 näistä ongelmista kärsivät näkyvästi ainakin Nordean, Danske Bankin, OP:n ja S-Pankin asiakkaat (Karjalainen, 2019; STT, Näveri & Konttinen, 2019; Strömberg, 2019; Harjumaa, 2019). Terveystieteiden tietojärjestelmät ovat erityisen kriittisessä asemassa, koska potilasturvallisuus voi riippua näiden järjestelmien toiminnasta. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin käyttämässä Apotti järjestelmässä on kuitenkin kohdattu palvelukatkoja, jotka ovat estäneet pääsyn potilastietoihin (Salomaa & El Kamel, 2019), tai aiheuttaneet merkittävää hitautta, mikä on haitannut terveydenhuollon päivittäisiä työtehtäviä (Korhonen, 2019). Vastaavia tietojärjestelmien virheitilanteita terveydenhuollon piirissä on viime vuonna kohdattu muun muassa Porin Satasairaalassa ja Rovaniemen kaupungin terveysasemilla. Palvelukatkot näiden kaupunkien sosiaali- ja terveydenhuollon järjestelmissä ovat aiheuttaneet ruuhkautumista, potilastietojen pääsyongelmia, leikkausten peruuntumista, sekä ongelmia perusturvan käsittelyssä. Yksiköt ovat joutuneet tekemään manuaalista työtä ja hyödyntämään varajärjestelmiä palvelukatkon aikana (Jonsuu, 2020; Ruokangas, 2019).

Vastaavia ilmiöitä voidaan havaita lähes kaikilta yhteiskunnan osaluokilta, jotka ovat jollain tavoin riippuvaisia tietojärjestelmien käytöstä. Esimerkiksi Yhdysvaltain ilmailuhallinto Federal Aviation Administration kertoi hiljattain laajojen tietojärjestelmäongelmien estäneen lentoliikenteen kuorman ja tasapainon laskentaa, jonka seurauksena usean suuren lentoyhtiön toiminta häiriintyi. Muun muassa Delta, United, Southwest ja American Airlines lentoyhtiöiden lentoja myöhästyi tämän tietojärjestelmän suunnittelemattoman palvelukatkon takia (Newburger, 2019). Sijoittamispalvelu Robinhood taas kärsi mittavasta palvelukatkokosta, jonka seurauksena sen sijoitussovellus oli käyttämättömissä lähes kahden vuorokauden ajan. Sovellusta käyttävät sijoittajat uhkaavat palvelun tuottajaa oikeustoimilla, koska palvelukatkon aikana Yhdysvaltojen pörssissä koettiin suurin markkinanousu kahdentoista vuoden aikana (Holmes & DeFrancesco, 2020). Edes suurimmat teknologiayhtiöt eivät ole immuuneja palvelukatkoille ja niiden vaikutuksille. Google pilvijärjestelmissä kohdatut häiriöt aiheuttivat laaja-alaisia palvelukatkoja useille eri ohjelmistotoimittajille. Esimerkiksi Youtube, Gmail ja Snapchat ovat olleet tämän vuoksi useita tunteja saavuttamattomissa (Warren, 2019).

Tietojärjestelmät halutaan luonnollisesti tuottaa korkealaatuisina ja vähähäiriöisinä, minkä vuoksi palvelutuotantoon ja muutostenhallintaan tarvitaan järjestelmällisyyttä. Kuten edellä olen esitellyt, myös tärkeässä roolissa olevat tietojärjestelmät kuitenkin kokevat palvelukatkoja jotka häiritsevät järjes-

telmien palvelutuotantoa. Nämä palvelukatkot johtuvat yleensä virhetilanteista, joiden kuvaus dokumentoidaan monessa organisaatiossa erilliseen tiketöintijärjestelmään. Näille niin sanotuille virhetiketille kuvataan virheen syyt ja suoritettut korjaustoimet (ks. esim. Gupta, Prasad & Mohania, 2008). Tässä tutkimuksessa on tarkoitus perehtyä aiempiin tutkimuksiin edellä esitellyistä käsitteistä, sekä toteuttaa empiiristä tutkimusta suunnittelemattomista palvelukatkoista perehtymällä niistä kirjattuihin tiketteihin eri organisaatioissa.

Palvelukatkoilla on siis suuri merkitys organisaation toiminnalle, sen kustannuksille sekä viime kädessä jopa asiakastyytyväisyydelle. Tästä huolimatta palvelukatkojen juurisyitä - katkojen todellisia aiheuttajia - on tutkittu verrattain vähän. Kirjallisuudesta löytyy tutkimuksia lähinnä virheiden esiintymisestä eri ohjelmistoissa, yksittäisissä palveluissa, tai näiden vaikutuksista kuluttajakäyttäytymiseen sekä asiakaskokemukseen. Tarpeellisuudesta huolimatta akateemiset tutkimukset eivät vielä ole tuottaneet kokonaisvaltaista näkemystä organisaation kokemista eri tietojärjestelmien palvelukatkoista sekä näitä aiheuttavista tekijöistä. Tutkimalla palvelukatkojen aiheuttavia syitä ja tekijöitä, pyrin tuottamaan uutta tietoa jonka avulla tietojärjestelmien palvelutuotantoa voidaan mahdollisesti parantaa tulevaisuudessa. Tätä auttaa vahvistamaan tutkimusaineiston kerääminen usean organisaation kohtaamista todellisista palvelukatkoista, jolloin tutkimustulokset eivät ole pelkästään akateemisia. Tutkimuksellani on siis selkeä motivaatio, joka pyrkii auttamaan niin tiedeyhteisöä uuden tiedon tuottamisella kuin organisaatioita käytännöllisellä lähestymistavalla.

Tässä tutkimuksessa pyrin täyttämään edellä kuvatun tutkimusaukon ja selvittämään tähän vaikuttavia eri tekijöitä.

1.1 Tutkimuksen tavoite

Tutkimustani varten olen määritellyt kolme tutkimuskysymystä, joiden avulla yritän selvittää tietojärjestelmien palvelutuotannon häiriöiden aiheuttajia. Tutkimuskysymykseni ovat:

- a) Mitkä häiriöt aiheuttavat suunnittelemattomia palvelukatkoja tietojärjestelmille?
- b) Mikä on näiden suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyys?
- c) Miten palvelutuotannon laatua voidaan parantaa?

Suunnittelemattomat palvelukatkot ovat edelleen tietojärjestelmien palvelutuotannon yleinen haitta, joka koskettaa niin pilvipalveluina hankittuja järjestelmiä kuin organisaation itse tuottamia tietojärjestelmiä. Näkökulmani on organisaation läpileikkaava, pyrin tarkastelemaan monipuolisesti ja kokonaisvaltaisesti organisaation käyttämien eri tietojärjestelmien kokemia palvelukatkoja ja näiden juurisyitä. Tutkimukseni ei siis painotu vain yhden, spesifin järjestelmän palvelutuotantoon vaan se pyrkii avaamaan laajemmin organisaation käyt-

tämän tietojärjestelmäkokonaisuuden palvelutuotantoa. Tutkimuksen tavoitteena on löytää toistuvia kuviota palvelukatkoille, sekä pohtia voidaanko löydösten avulla parantaa palvelutuotannon laatua.

1.2 Tutkimuksen suunnittelu

Tutkimus toteutetaan kvalitatiivisella tutkimusmenetelmällä, koska tämän vahvuus on syy-seuraussuhteiden tutkimisessa (Metsämuuronen, 2009). Tapahtuneiden palvelukatkojen tutkiminen dokumentoidun aineiston perusteella on tähän peilattuna hyvä tilanne syy-seuraussuhteen tutkimiselle. Kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän yksi yleisimpiä ilmenemismuotoja on tapaustutkimus, sen avulla voidaan selvittää tosielämän ilmiötä. Tapaustutkimus soveltuu hyvin menetelmäksi silloin, kun tutkijalla ei ole juurikaan vaikutusvaltaa tutkittavaan ilmiöön (Darke, Shanks & Broadbent, 1998; Yin, 2009). Tapaustutkimus keskittyy yksittäisen tapauksen tutkimiseen, mikäli taas tutkitaan useaa saman aihepiirin tapausta, on kyse monitapaustutkimuksesta. Monitapaustutkimus on vahvoilla yleisten ilmiöiden kuvaamisessa, koska se auttaa läpileikkaamaan ilmiön olemusta (Yin, 2009; Herritt & Firestone, 1983). Tämä tutkimus kerää palvelukatkoista dokumentoituja tikettejä usealta eri yritykseltä, jolloin monitapaustutkimus on hyvin soveltuva menetelmävalinta.

Kvalitatiivisen tutkimuksen tiedonkeruun voi toteuttaa monella eri tavalla, kuten suorittamalla haastatteluita tai keräämällä arkistoitua dataa aihepiiristä (Williamson, 2018). Tutkimukseni aihepiiriin vuoksi olen valinnut arkistoidun datan keräämiseksi tiedonkeruun metodiksi, koska tämä sisältää aiemmin dokumentoitua ja mahdollisesti tarkkaa tietoa koetuista palvelukatkoista. Tutkimukseni hakee viisi eri organisaatiota osallistumaan mukaan, joilta pyydetään aineistoa palvelukatkojen dokumentoinnista. Kerätty aineisto analysoidaan, että siitä voidaan tehdä johtopäätöksiä palvelukatkojen aiheuttajista. Johtopäätökset ja yhteenveto käsitellään omissa luvuissaan.

1.3 Tavoitellut tulokset

Koska tutkimukseni pyrkii selvittämään mitkä häiriöt aiheuttavat suunnitelmattomia palvelukatkoja tietojärjestelmille sekä etsimään näiden juurisyitä, on luontevaa olettaa, että tämän tavoiteltuina tuloksina saadaan systemaattisesti tuotettua tietoa palvelukatkojen syvemmästä luonteesta. Ensinnäkin tutkimukseni tavoittelee tunnistamaan mitkä tietojärjestelmän osa-alueet ovat mahdollisesti muita herkempiä vikaantumiselle, esimerkiksi verkkolaitteet, palvelinlaitteisto, yksittäiset järjestelmäosat tai tallennustilaan liittyvät ratkaisut. Tällä tavoittelen johdettua teoriaa tietojärjestelmien osa-alueista, joiden toimintaa tulisi erityisesti huomioida palvelutuotannossa, mikäli tällaisia kohtia pystyn analysoidun aineiston perusteella tunnistamaan. Toisekseen tavoittelen palvelukat-

kojen juurisyiden ymmärtämistä, eli mitkä seikat ovat yleisimmin palvelukaton aiheuttajia, esimerkiksi levytilan loppuminen, puutteellinen valvonta, liian vähäinen testaus tai inhimilliset virheet. Näiden tulosten kautta pyrin johtamaan mahdollisia käytäntöjä tai varotoimia, joiden avulla vastaavia tilanteita pystyttäisiin ennaltaehkäisemään organisaatiossa.

2 IT-PALVELUIDEN HALLINTA

Tietojärjestelmät ovat onnistuneet vakiinnuttamaan asemansa eri organisaatioiden ydintoiminnassa. Järjestelmien määrä on kasvanut, koska moderni organisaatio tarvitsee useita erilaisia tietojärjestelmiä liiketoimintansa tueksi. Organisaatioille on siis syntynyt tarve, joihin tietojärjestelmillä tuotetuilla palveluilla vastataan. Mittakaavan mukana tulee myös lisääntynyt vaatimus palvelun laadukkuudesta, koska järjestelmän tulee vastata organisaation liiketoiminnallisiin tarpeisiin sekä olla tarkoituksenmukainen. IT-palvelutuotannon on oltava systemaattisesti hallittua, että tuotannollisesti toimivat tietojärjestelmät täyttävät niihin kohdistuneet odotukset eivätkä ne esimerkiksi kohtaa toistuvia palvelukatkoja. Tämän luvun tavoitteena on perehtyä ensinnä siihen, miten organisaatio voi toteuttaa laadukasta IT-palvelutuotantoa ja noudattaa parhaita käytäntöjä palveluidensa hallinnassa. Samalla selvitän tärkeimpiä tekijöitä sille, miten tietojärjestelmän muutoksia hallitaan, kuinka testaus vaikuttaa muutoksiin, sekä miten virhetilanteisiin varaudutaan. Käyn siis läpi syitä ja seurauksia palveluiden tuottamiselle, muutoksille ja muutostenhallinnalle, sekä virhetilanteille.

IT-palvelutuotannolla tarkoitetaan sitä tapaa, jolla organisaatio tarjoaa tietojärjestelmiään sekä IT-palveluitaan käyttäjilleen (Rouse, Bigelow, Korzeniowski, 2018). Palvelutuotannon tavoitteena on tuottaa asiakkaille tai loppukäyttäjille jokin palvelu. Näiden palveluiden kohderyhmänä voivat olla esimerkiksi organisaation sisäiset käyttäjät, kuluttaja-asiakkaat, tai ulkopuoliset yrittäjäasiakkaat (Johnston & Clarke, 2008). Palvelutuotanto organisaation sisäisenä prosessina on yleensä selkeästi määriteltyä. Tänä päivänä yksittäisen palvelun tuottamiseen voi kuitenkin osallistua useita eri organisaatioita, jolloin myös palvelutuotannon häiriöiden juurisyyntä löytäminen on vaikeampaa (Marcu, Shwartz, Grabarnik & Loewenstern, 2009).

2.1 Parhaita käytäntöjä palveluiden hallintaan

Tietojärjestelmät tuottavat palveluita organisaation tarpeisiin, jonka vuoksi näiden palveluiden tuottaminen tarvitsee systemaattista lähestymistapaa. Palveluita tulee siis hallita, että ne on tuotettu parhaalla mahdollisella tavalla. Organisaation ei kuitenkaan tarvitse itse kehittää hallintamenetelmiä IT-palveluiden tuottamista varten, vaan se voi hyödyntää yleisesti saatavilla olevia malleja ja viitekehyksiä. Toimialan parhaita käytäntöjä on varsin kattavasti käsitelty viitekehysten omasta näkökulmasta, nämä tarjoavat valmiita prosesseja sekä toimintatapoja IT:n hallintaan. Seuravaksi tarkastelen näiden viitekehysten sisältöä, ja selvitan miten ne edistävät laadukasta palvelutuotantoa.

IT-palvelunhallinta on organisaatiossa noteerattu yhdeksi sen tärkeimmistä asioista. Tässä suhteesta IT-palvelunhallinnan tärkeimpänä tavoitteena on taata IT-palvelutuotannon mahdollisimman laadukas toteutus. Tätä voidaan edistää hyödyntämällä erilaisia toiminnallisia viitekehyksiä, jotka tarjoavat esimerkiksi parhaita käytäntöjä ja valmiita prosesseja tämän toteuttamiseksi (Peña, Vicente & Ocaña, 2013). IT Infrastructure Library (ITIL) on yksi tunnetuimpia sekä käytetyimpiä viitekehyksiä, jolla voidaan toteuttaa IT-palveluiden hallintaa. Se tarjoaa toimialan parhaita käytäntöjä ja auttaa piirtämään organisaation tiekarttaa palveluhallinnalle. ITIL ei kuitenkaan määrittele tarkkoja toimintatapoja tämän toteuttamiseksi. IT organisaatioille jää siten omaa harkintaa toteutuksen suhteen, ja sen tulee itse suunnitella detaljit sekä ohjeistus prosessien edistämiseksi (Peña, Vicente & Ocaña, 2013). ITIL ei ole itsessään standardi tai toteutusmetodi, se lähinnä hyödyntää itse metodeja joiden avulla voidaan seurata parhaita käytäntöjä. ITIL:iä hyödynnetään organisaatioissa useista syistä. Koska tietojärjestelmät muuttuvat entistä monimutkaisemmiksi, myös niiden hallinnan tulee olla systemaattisesti toteutettua. Kun organisaatiot investoivat suuria rahamääriä tietojärjestelmiinsä, niiden odotetaan myös tuottavan investoinnille lisäarvoa jonka vuoksi hallintatavat ovat tärkeässä roolissa. ITIL:iä hyödyntämällä pyritään mm. hallinnoimaan organisaation tietojärjestelmäresursseja tehokkaasti, estämään toistuvia ja tiheästi esiintyviä palvelukatkoja, sekä koordinoimaan ja analysoimaan tietojärjestelmien muutostenhallintaa (Bahsani, Himi, Moubtakir & Semma, 2011).

COBIT on toinen hyvin suosittu viitekehys IT-palvelunhallinnan toteuttamiseen. Se määrittelee 50 hyvää tapaa IT:n hallintaa, jotka pohjautuvat useiden eri instituutioiden ja kansainvälisten standardien julkaisuihin. Tämä lähestyy IT:n hallintaa ja valvontaa korkealta tasolta, harmonisoimalla toimintoja sekä kattamalla myös sen hallintotapaa (De Haes, Van Grembergen & Debreceeny, 2013). COBIT tarkastelee IT:tä kokonaisvaltaisella tavalla, tunnistamalla erilaisia mahdollistavia tekijöitä jotka ovat oleellisia IT palveluiden hallintaa ja hallintotapaa suunnitellessa. Organisaatioiden tarpeisiin kohdentuneissa tutkimuksissa COBIT:n tärkeimpien tekijöiden on kuvattu olevan IT:n ja liiketoiminnan suuntautumisen määrittäminen, sekä tietoturvan hallinta. Akateemises-

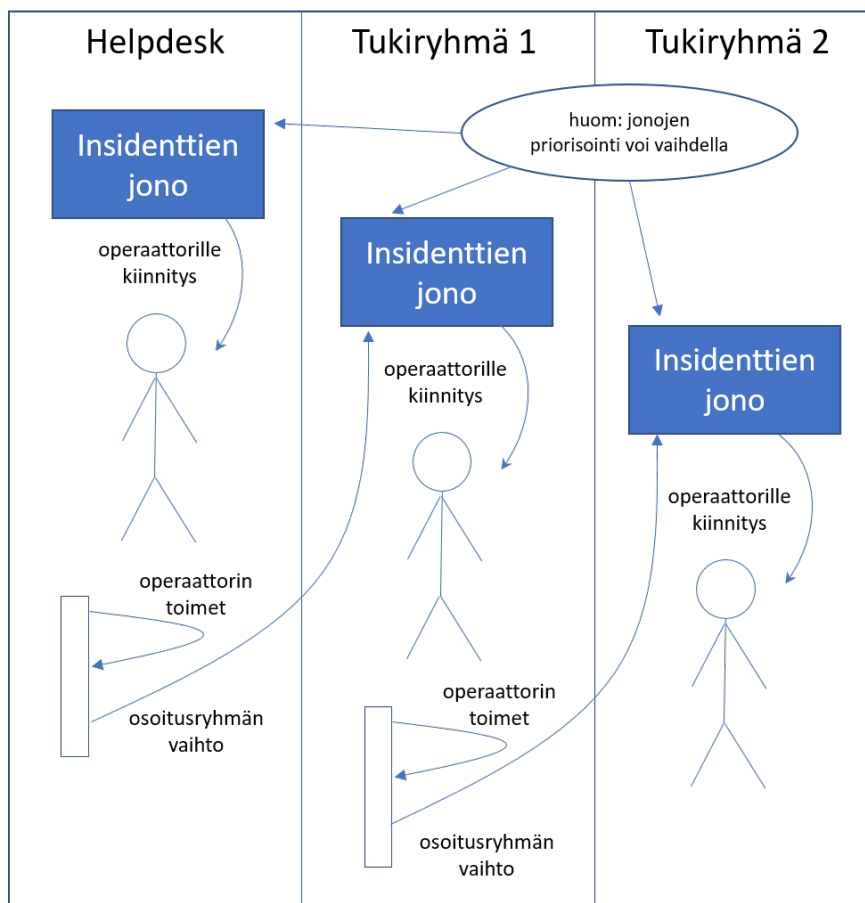
ti tarkasteltuna, tämänkaltaisen viitekehystä hyödyntävän lähestymistavan voidaan todeta auttavan organisaatiota saavuttamaan IT:lle asetettu tahtotila (Huygh, De Haes, Joshi & Van Grembergen, 2018).

IT:n hallinnoinnin ja operoinnin tueksi on tarjolla myös useita muita yleisesti käytössä olevia viitekehtyksiä. Tuoreita vaihtoehtoja IT palveluiden hallinnan viitekehtyksiksi ovat esimerkiksi IT4IT tai FitSM (Mora, Wang, Gómez & Diaz, 2019). IT4IT on elinkaarenhallinnan viitekehys, jonka avulla voidaan hallinnoida IT-palveluita. IT4IT määrittelee referenssiarkkitehtuureja, sekä arvo- ja ketjupohjaisia operointimalleja joiden avulla voidaan hallinnoida liiketoiminnan IT-ratkaisuja. Tämän viitekehysten tavoitteena on auttaa erityisesti tunnistamaan niitä aktiviteetteja, jotka edistävät strategiaa ja tavoitteiden saavuttamista (Hosono & Shimomura, 2017). FitSM taas on varsin tuore viitekehys IT palveluiden hallintaan, joka kuvailee olevansa itsessään kevyt lähestymistapa IT palveluiden hallintaan. FitSM tarjoaa oman näkemyksensä IT palveluiden paletista, kompaktin kokoonpano prosesseja, minivaatimuksia ja esimerkkisovelluksia, joiden avulla voidaan toteuttaa IT:n kokonaisvaltaisen hallinnan parhaita käytäntöjä matalalla kynnyksellä (Michael, Michael & Thomas, 2019).

Näiden viitekehysten hyödyntäminen IT-palvelunhallinnassa koetaan yleisesti ottaen erittäin hyödylliseksi, mutta toisaalta myös vaikeaksi implementoida käytäntöön. Tämän tueksi monet viitekehukset ovat kehittäneet omia kypsyyksilleen, eli eräänlaisia tiekarttoja jota vasten organisaatiot voivat arvioida omien prosessiansa valmiustasoa ja kypsyyttä. Lisähaasteen prosessien kehittämiseksi näiden viitekehysten parhaiden käytäntöjen mukaiseksi tuo se, että toiset organisaatiot päätyvät implementoimaan useiden eri viitekehysten kuvaamia prosesseja. Näiden keskinäinen integraatio voi olla haastavaa, erityisesti koska ne saattavat kuvata vastaavia prosesseja omasta näkökulmastaan. Esimerkiksi COBIT ja ITIL sisältävät molemmat prosessikuvaukset virhetilanteiden hallintaan, joiden voidaan katsoa sisältävän sekä päällekkäisiä että itsenäisiä aktiviteetteja. (Aguiar, Pereira, Vasconcelos & Bianchi, 2018). Virhetilanteiden hallinta (incident management) on siis prosessi, jonka tarkoituksena on määrittellä käytäntöjä virhetilanteiden selvittämiseen ja palveluiden palauttamiseen häiriötilanteissa. Tietojärjestelmää tukeva IT-organisaatio voi todellisuudessa olla hyvin kompleksinen, mikä hankaloittaa vianselvitystä ja tarvittavia toimenpiteitä. Edellä kuvatut parhaiden IT-käytäntöjen viitekehukset, kuten COBIT ja ITIL, kuvaavat korkealla tasolla organisaationlaajuisista virhetilanteiden hallintaprosessia. Nämä prosessit ovat kuitenkin luonteeltaan hieman epä-tarkkoja, ja organisaation vastuulle on prosessin konkreettinen toteuttaminen (Bartolini, Stefanelli & Tortonesi, 2010).

Yleensä IT-organisaatiolla on useita eri tukiryhmiä virheiden selvitysprosessissa. Virheiden selvitysprosessin tavoitteena on kirjata havaitut virhetilanteet niiden seurantajärjestelmään, luokitella nämä, tarjota ensikäden tukea asiakkaalle, sekä diagnosoida, tutkia ja tarjota ratkaisu virhetilanteen selvittämiseksi. Käsittely tapahtuu eri tason tukiryhmissä. Esimerkiksi help desk on tyypillinen ensimmäisen tason tukiryhmä, joka käsittelee havaittuja virhetilanteita ja pyrkii ratkaisemaan yleisen tason helppoja virhetilanteita. Mikäli en-

simmainen tukiryhmä ei pysty ratkaisemaan virhetilannetta, se siirtää tämän seuraavan tason tukiryhmälle ratkaistavaksi. Tuen tasoja on tyypillisesti kolmesta viiteen, joista syvemmälle menevät ryhmät ovat entistä erikoistuneempia (Bartolini, Stefanelli & Tortonesi, 2010). Virheenselvittely prosessin eteneminen tukiryhmien välillä on havainnollistettu kuviossa yksi.



KUVIO 1 Insidenttien hallinnan prosessi organisaatiossa (muokattu lähteestä Bartolini, Stefanelli & Tortonesi, 2010).

IT-palvelunhallinnalle on siis olemassa useita erilaisia viitekehyksiä, jotka auttavat hallitsemaan organisaation IT-palvelutuotantoa ja tuottamaan laadukkaampia palveluita. Näiden lähestymistavat ja kohdekäyttöalueet voivat vaihdella viitekehysten välillä, mutta ne sisältävät myös päällekkäisten aktiviteettien kuvauksia. Moni organisaatio hyödyntää näiden avulla määriteltyjä parhaita käytäntöjä omien prosessiansa toteutuksessa, toiset organisaatiot ovat jopa implementoineet useita viitekehyksiä pyrkiäkseen yhdistämään näiden parhaita puolia. Tämän tutkimuksen kannalta oleellisimpina prosesseina kuvataan esimerkiksi COBIT ja ITIL viitekehyksissä muutosten sekä virhetilanteiden hallintaa. Perehdyn näiden prosessien sisältöön seuraavissa alaluvuissa ja määritelen niiden merkitystä virhetilanteiden välttämässä sekä selvittämisessä.

2.2 Laadunhallinta ja sen puutteet

Että tietojärjestelmät olisivat laadukkaasti tuotettuja ja näiden pohjalla toimivat ohjelmat tarkoituksenmukaisia, tarvitaan selkeää laadunhallintaa. Laadunhallinnan tehtävänä on varmistaa tasalaatuinen toteutus ohjelmistokehitykselle, joka vastaa määriteltyjä toiminnallisia sekä ei-toiminnallisia tarpeita. Selvitän tämän alaluvun aikana ensin mitä ei-toiminnallisilla tekijöillä tarkoitetaan, ja tämän jälkeen perehdyn laadunhallinnan merkitykseen ohjelmistokehityksessä. Tämän tavoitteena on nivoa yhteen ei-toiminnallisia tekijöitä tietojärjestelmän laadunhallinnan näkökulmasta, eli tarkastella miten tietojärjestelmän palvelukatkat ja laadunvarmistus mahdollisesti liittyvät toisiinsa.

Ohjelmistoyhtiöt ovat vuosikymmenten ajan pyrkineet parantamaan tuotamiensa ohjelmistojen laatua. Silti on edelleen tavanomaista, että valtavirtaratkaisua edustavassa ohjelmistossa voi olla tuhansia ohjelmavirheitä. Ohjelmistoyhtiöt pitävät ohjelmistonsa laadunhallintaa tärkeänä tekijänä, sekä yrittävät minimoida virheiden määrän ennen tuotteen julkaisu. Kyse ei niinkään ole yrittämisen puutteesta, vaan enemmän ohjelmistojen kompleksisuudesta. Laatua voidaan yrittää valvoa, mutta jopa merkittävien virheiden huomaaminen esimerkiksi kooditasolla on hyvin haastavaa (Parnas & Lawford, 2003). Laatuongelmat ovatkin hyvin yleisiä tietojärjestelmien parissa. Ne ovat luonteeltaan teknisiä ongelmia, jotka tyypillisesti aiheutuvat ohjelmistokehityksen puutteellisista laadunhallinnan menetelmistä (Vartiainen & Siponen, 2012). Laadunhallinnalla on useita eri käytännön toteutuksia. Ohjelmistoyhtiöt hyödyntävät erityisesti kehittämiensä ohjelmistojen testaamista laadunhallinnan menetelmänä, tutkimusyhteisö taas luottaa ennen kaikkea laadun muodollista todentamista. Näiden kahden välimaastoon taas asettuu esimerkiksi ohjelmistokoodin tarkistaminen, joka pyrkii varmentamaan ohjelmiston laatua tarkistamalla koodin rakennetta ja toteutusta esimerkiksi yleisten suuntalinjojen sekä ylläpidettävyyden kannalta. Vastaavasti muodollinen todentaminen keskittyy ohjelmiston matemaattisen oikeellisuuden varmistamiseen, kun taas testaaminen pyrkii löytämään virheitä ohjelmiston käytöstä (Parnas & Lawford, 2003).

IT:n laadun parantaminen on yksi organisaatioiden päättävien tahojen tärkeimmistä huolenaiheista. Päättäjien huomio keskittyy tietojärjestelmien laadun parantamiseen, koska näiden merkitys organisaatioille on hyvin suuri. Yksi tärkeimpiä tietojärjestelmän laadullisia vaikutuksia organisaation toiminnalle on itse järjestelmän palvelun laadussa, eli sen luotettavuudessa ja reagoitavuudessa. Mitä parempi järjestelmän palvelun laatu on, sitä enemmän se tukee loppukäyttäjien tuottavuutta ja auttaa edistämään organisaation suorituskykyä. Vastaavasti heikkolaatuinen järjestelmä voi aiheuttaa organisaation kilpailukyvyille haittavaikutuksia (Gorla, Somers & Wong, 2010). Syitä laadunhallinnan puutteille on useita. Ensinnäkin tietojärjestelmän tilaavan asiakkaan tavoitteena on saada toimivia tuloksia toteutetun tietojärjestelmän muodossa, joka edellyttää tarkkaa kustannusten hallintaa. Toiseksi ohjelmiston toteuttavalla taholla tavoitteena on noudattaa tilaussopimusta mahdollisimman kustannustehok-

kaasti, jolloin toteutukseen ei käytetä liikaa resursseja. (Vartiainen & Siponen, 2012).

Kustannustekijät voivat vaikuttaa ohjelmiston laatuongelmiin myös osittain tietoisena valintana. Ohjelmistotoimittaja saattaa tietoisesti päättää kokeuttomien ohjelmoijien palkkaamisesta kustannusten hallitsemiseksi, vaikka tietää tämän johtavan myös ohjelmistovirheiden määrän lisääntymiseen (Mettovaara, Siponen & Lehto, 2006). Toimialalla kyseinen lähestymistapa tunnetaan myös lempinimellä ”quick-and-dirty”, jossa nopea toteutus ajaa laadun edelle. Laadunhallinta voidaan siis tietoisesti kokea hidastavana tekijänä ohjelmistokehitykselle, jolloin kehittäjä saattaa mieluummin valita suuremman lähestymistavan toiminnallisuuksien toteuttamiseksi kuin parhaat laadulliset käytännöt. Tämä on itsessään varsin erikoinen päätelmä: ohjelmistokehityksessä on runsaasti myös tietoisia laadunhallinnan ongelmia, vaikka organisaatiot ovat käyttäneet valtavasti resurssejaan ohjelmistokehitykseen. Laadunhallinnallisten menetelmien ohittaminen on siis ennen kaikkea kehittäjän oma valinta, joskin tämä tyypillisesti johtuu resurssien puutteellisuudesta (Ghanbari, Vartiainen & Siponen, 2018). Ohjelmistokehittäjät näkevät paradoksaalisesti julkaisun tärkeämpänä, kuin laadun varmistamisen. Kehittäjä ei siis yleensä koe, että hänellä on kunnolla aikaa ohjelman perusteelliseen läpikäymiseen ennen sen julkaisemista, mutta joutuu tästä syystä varamaan aikaa julkaisun jälkeiseen virheenkorjaukseen (Parnas & Lawford, 2003).

Aikataulupaineen on todettu olevan yksi merkittävä syy, joka johtaa laadunhallinnan laiminlyömiseen. Seikat, kuten ohjelmistotestauksen sivuuttaminen, puutteellisesti kerätyt vaatimusmäärittelyt tai ohjelmistovirheiden raporttoimatta jättäminen vaikuttavat myös suoraviivaisesti tuotetun ohjelmiston laatuun. Edellä mainitut laadunhallinnalliset keinot auttavat parantamaan ohjelmiston laatua ja vähentämään virheiden määrää, mitä kehittäjät yksilöinä saattavatkin haluta edistää. Kustannus- tai aikataulupaineet oman ohjelmistotuotanto-organisaation puolelta voivat kuitenkin johtaa huonojen käytäntöjen suosimiseen, mikä taas johtaa huonolaatuisen sekä virheellisesti toimivaan tietojärjestelmään (Vartiainen & Siponen, 2012). Aikataulupaine voi ilmentyä esimerkiksi kiireenä saada ohjelmisto tai tuote julkaistua tietyssä ajankohtana, kuten hyvissä ajoin joulumarkkinoille. Tämä voi edistää laadunhallinnan laiminlyöntiä, koska julkaisuaikataulun saavuttaminen käytettävissä olevilla resursseilla koetaan tärkeämmäksi kuin ohjelmiston laadun varmistaminen (Mettovaara, Siponen & Lehto, 2006).

Laadunhallinnan merkitys on siis suuri tietojärjestelmien toteutuksessa, se pyrkii tuottamaan mahdollisimman laadukkaita ja vähävirheisiä ohjelmistoja. Laadunhallinnalle on monia eri keinoja, joista tyypillisimmin hyödynnetään esimerkiksi ohjelmiston testausta. Testaamalla ohjelmistoa yritetään löytää sen mahdolliset käytön aikaiset virheet, että ne voidaan korjata ennen ohjelmiston julkaisua. Vaikka laadunhallinnan menetelmät ovat kiistattoman selkeitä ohjelmistoyhtiöille, näiden mekanismeja kuitenkin kierretään usein tai jätetään tietoisesti huomiotta. Loppukädessä yksittäisillä kehittäjillä on paljon vaikutusvaltaa sen suhteen, miten hyvin tämä noudattaa laadunhallintaa ohjelmistoke-

hityksessä. Valitettavasti moni kehittäjä kokee julkaisuaikataulun aiheuttaman paineen tärkeämmäksi, kuin mahdollisimman vähävirheisen ohjelmistotuotteen varmentamisen. Käytännössä esimerkiksi ohjelmiston testaamista laiminlyödään kiireen vuoksi, mikä johtaa virheiden päätymiseen lopulliseen tietojärjestelmään. Pahimmillaan virheet voivat häiritä koko tietojärjestelmän toimintaa ja siten johtaa palvelukatkoihin. Tietojärjestelmän varsinaisen toteutusvaiheen lisäksi kehittämistyötä tehdään etenkin järjestelmää muutettaessa, missä näiden muutosten systemaattinen hallitseminen ja vastaava laadunhallinta esimerkiksi testaamisen kautta ovat hyvin korostuneessa roolissa. Seuraavassa alaluvussa perehdyn näiden asioiden näkökulmasta tietojärjestelmien laatuongelmiin, sekä pohjustan niiden merkitystä palvelukatkojen aiheuttamisessa.

2.3 Muutostenhallinta ja testaus

Kuten edellisessäkin alaluvussa jo alustavasti esiteltiin, tietojärjestelmien kehittämisessä toteutettujen muutosten testaaminen on keskeisimpiä tekijöitä palvelulle. Tämän merkitys korostuu myös silloin, kun tietojärjestelmän toimintoja muutetaan. Muutosten vaikutusten tunnistaminen ja laadullinen varmistaminen edellyttävät muutostenhallinnalle selkeää ja johdonmukaista prosessia. Muutostenhallinta ja testaus ovat osaltaan laadukkaana tietojärjestelmän kokonaistekijöitä, joilla on selkeä yhteys myös palvelukatkojen aiheutumiseen. Tämän luvun tavoitteena on avata muutoksenhallinnan ja testauksen merkitystä, sekä näiden keskinäistä yhteyttä. Syvennyn näiden käsitteiden sisältöön ja esitelen palvelukatkojen suhdetta näihin.

Tietojärjestelmien ohjelmistoja täytyy muuttaa ja kehittää jatkuvasti, riippumatta siitä miten laadukas alkuperäinen järjestelmä on ollut. Muutoksille on useita eri syitä. Esimerkiksi järjestelmän vaatimukset muuttuvat ajan kuluessa, jolloin ohjelmistoa tulee muuttaa vastaamaan uusia tarpeita. Toisaalta operatiivisessa toiminnassa saatetaan kohdata virheitä, jotka vaativat muutoksia järjestelmään. Vaihtoehtoisesti järjestelmä saattaa olla toteutettu erilaisten tai väärinymmärrettyjen tarpeiden pohjalta, mikä aiheuttaa muutostarpeita. Edellä kuvattuihin tilanteisiin vastataan toteuttamalla muutos järjestelmään. Tämän muutoksen hallitseminen on kriittisessä roolissa, että järjestelmä pystyy jatkamaan tarkoituksenmukaista toimintaansa (Agrawal, Horgan, Krauser & London, 1993).

Esimerkiksi sosiaalisen median palvelu Facebookin alkuaikoina yrityksen kehittämistiimin ohjenuorana oli tuottaa myös muutoksia jotka jopa rikkoivat tietojärjestelmää, koska se koettiin merkiksi nopeista muutoksista ja siten myös kehityksestä (Taneja, 2019). Tämä motto tuli myöhemmin tunnetuksi sanontana ”move fast and break things”, jossa ideologisesti nähtiin tärkeämmäksi muutosten määrä kuin niiden laatu. Muutosten nopeuteen ja määrään panostaminen voi näin ollen heijastua julkaistujen muutosten laadussa ja vakaudessa (Schermann, Cito, Leitner & Gall, 2016.)

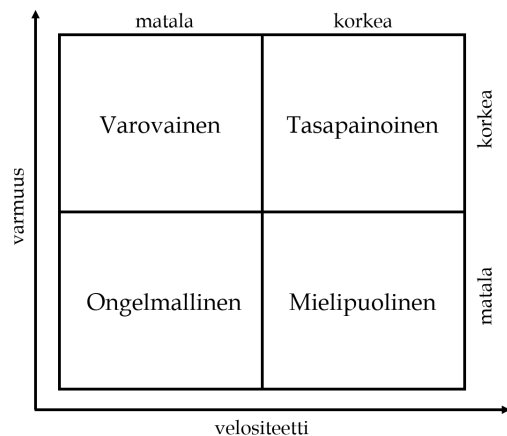
Muutostenhallinnan tarkoituksena on kontrolloida eri muutosten elinkaarta, ja estää mahdolliset palveluiden häiriötekijät toteuttamalla vain hyödyllisiä muutoksia palveluille (Cater-Steel, Toleman & Tan, 2006). Muutostenhallinta liittyy palvelun jatkuvaan kehittämiseen. Sen avulla hallitaan niitä menetelmiä, joilla toteutetaan muutoksia olemassa oleviin palveluihin tai otetaan käyttöön uusia palveluita (Sahibudin, Sharifi & Ayat, 2008). Muutostenhallinnan tärkeys laadukkaalle IT palvelutuotannolle on hyvin suuri. Eri IT prosessien merkitystä selvittäneessä tutkimuksessa valtaosa vastaajista piti muutostenhallinnan prosessia hyvin tärkeänä tai jopa kriittisenä tietojärjestelmien kannalta (Conger, Winniford & Erickson-Harris, 2008).

Tyypillisesti muutoksenhallintaprosessi pitää sisällään erilaisia askelia joiden avulla pyritään varmistamaan muutoksen vastaavan sidosryhmien laadullisia vaatimuksia. Nämä askeleet muodostuvat esimerkiksi muutetun koodin tarkastamisesta sekä muutoksen automaattisesta tai manuaalisesta testaamisesta. Muutostenhallinta pyrkii siis laadunvarmistukseen, jolloin tehtyjen toimenpiteiden lopputulemien perusteella voidaan päättää onko muutos valmis julkaistavaksi vai tarvitseeko se lisäkehitystä esimerkiksi vakauden parantamiseksi. Tämä laadunvarmistaminen on oleellinen osa muutostenhallintaprosessia, että muutos käyttäytyisi tietojärjestelmän tuotantoympäristössä odotetulla tavalla (Schermann, Cito, Leitner & Gall, 2016).

Tietojärjestelmien kehittämisessä testaaminen on tärkeää virheiden havaitsemisen kannalta. Yksikkötestaamisella tarkoitetaan järjestelmän pienimmän mahdollisen yksilöllisen asian, tai ryhmän asioita, testaamista kokonaisuudessaan. Yksikkötestaaminen pyrkii todentamaan tietyn järjestelmän moduulin toiminnan. Testi toteutetaan hallitusti, varmentamalla uuden ohjelman vastaavalle määriteltyjä tarpeita (Runeson, 2006). Koska muutostenhallintaprosessissa lisätään uusi toiminnallisuus tietojärjestelmään, järjestelmää tulee testata myös sen olemassa olevan toimivuuden varmistamiseksi. Tässä yhteydessä kyse on regressiotestauksesta, jossa toteutetun muutoksen lisäksi uudelleen validoidaan järjestelmän olemassa olevaa toiminnallisuutta (Agrawal ym., 1993). Regressiotestaaminen varmistaa, että järjestelmän vanhat toiminnallisuudet säilyvät käyttökelpoisina ja toimivat kuten aiemminkin, eli uusi muutos ei riko näitä. Testaamismuotona tämä voi olla haastava, esimerkiksi komponentteihin pohjautuvassa tietojärjestelmässä muutos yhteen komponenttiin voi vaikuttaa koko tietojärjestelmään. Haastavuutta lisäävät myös mahdolliset lyhyet aikataulut, kuten ketterien kehittämismenetelmien suosimat nopeat kehitysjaksot. Yksinkertaisimmillaan regressiotestaus voidaan toteuttaa testaamalla uudelleen tietojärjestelmän kaikki osa-alueet. Tämä ei kuitenkaan ole kustannustehokasta etenkin suurikokoisten tietojärjestelmien kanssa, koska koko järjestelmän kattavan regressiotestauksen edellyttämä työmäärä voi olla hyvin suuri. Testausta pyritään yleensä jakamaan pienempiin osiin, sekä tunnistamaan mahdollisesti muutoksen vaikuttamat kohteet. Ongelmia kuitenkin syntyy silloin, jos jokin osa-alue jätetään testaamatta koska muutoksen ei nähdä koskettavan sitä, mutta muutos vaikuttaakin kyseiseen osa-alueeseen negatiivisesti (Yoo & Harman, 2012).

IT:n parhaiden käytäntöjen – kuten esimerkiksi ITIL-viitekehyksen – käyttöönoton organisaatiossa on osoitettu parantavan IT-palveluiden hallinnan laatua kokonaisvaltaisesti. Tämän on erityisesti nähty heijastuvan IT-infrastruktuurin ennakoitavuuden lisääntymisenä, johon vaikuttavat täsmällisen testaamisen sekä muutostenhallinnan prosessien parhaat käytännöt. Kun IT-palveluiden hallinta on systemaattisesti otettu käyttöön organisaatiossa, tämä vaikuttaa myös positiivisesti palvelukatkojen määrään, minkä yhtenä vaikuttavana tekijänä ovat juuri muutostenhallinta ja testaaminen (Cater-Steel ym., 2006). Sitä vastoin, jos tuotetaan paljon muutoksia hyvin nopealla aikataululla, on käytettävissä vain rajallinen aikaikkuna uuden julkaisun laadulliseen varmistamiseen. Tällöin organisaatio joutuu tekemään kompromissin muutoksen julkaisunopeuden ja laadullisesti ala-arvoisen muutoksen välillä (Schermann ym., 2016).

Muutoksenhallinnassa tietojärjestelmän muutosten julkaisuutiheyttä ja luotamusta näiden muutosten toimintavarmuuteen voidaan kuvata varmuus-velositeetti kategoriointimallin avulla. Tässä yhteydessä varmuudella tarkoitetaan sitä varmuutta muutoksen tarkoituksenmukaisesta toiminnasta, joka on saatu muutoksen testaamisen ja laadunvarmistamisen kautta. Velositeetilla taas tarkoitetaan julkaisunopeutta, jolla kyseinen muutos kulkee koko muutoksenhallintaprosessin läpi. Varmuus-velositeetti kategoriointimalli on kuvattu kuviossa 2. Kun varmuus muutoksen toimintavarmuuteen on matala, ovat hitaasti läpiviedyt muutokset ongelmallisia johtuen esimerkiksi puutteellisesta regressiotestauksesta tai puutteellisista testitapauksista. Matalassa varmuustilanteessa velositeetin taas ollessa korkea, on kyse mielipuolisesta muutoksesta joka vietään läpi esimerkiksi mahdollisimman nopeasti ja vähäisellä tai täysin puuttavalla testaamisella. Tätä vastoin, kun muutoksen varmuus on korkea mutta velositeetti matala, on kyse varovaisesta muutoksesta joka esimerkiksi testataan hyvin huolellisesti ja useaan kertaan. Samassa korkean varmuuden tilanteessa taas nopean velositeetin muutokset voidaan nähdä tasapainoisina, hienostuneina jatkuvan toimituksen osina joiden laatu on varmistettu esimerkiksi automaattitestauksella sekä riskienhallintastrategioilla. (Schermann ym., 2016.)



KUVIO 2 Varmuus-velositeetti kategoriointimalli muutoksenhallinnassa (muokattu lähteestä Schermann ym., 2016).

Muutoksenhallinta on tietojärjestelmän elinkaareen liittyvä, oleellinen osa järjestelmän palvelutuotantoa. Käytännössä tietojärjestelmiin tehdään aina muutoksia järjestelmän käyttöönoton jälkeen, oli kyse sitten uuden toiminnallisuuden lisäämisestä järjestelmään tai havaitun virheen korjaamisesta. Muutoksen toteutuksen yhteydessä edellytetään regressiotestausta, että saadaan varmistettua järjestelmän olemassa olevan toiminnallisuuden säilyminen virheettömänä. Suurikokoisissa järjestelmissä kattavan regressiotestauksen järjestäminen voi olla kallista tai muutoin haastavaa. Puutteellisen regressiotestauksen vuoksi muutoksenhallinnassa voi jäädä tunnistamatta muutoksen vaikutukset muihin osa-alueisiin, mikä voi johtaa uusiin virheisiin tuotantokäytössä. Seuraavaksi perehdyn näiden virhetilanteiden hallintaan.

2.4 Virhetilanteiden hallinta

IT-palvelutuotannossa on tärkeää olla prosessit virhetilanteiden hallintaan. Esimerkiksi ITIL tunnistaa tältä osa-alueelta kaksi eri prosessia näiden hallintaan, jotka ovat insidenttien hallinta sekä ongelmatilanteiden hallinta (ks. esim. Marcu ym., 2009). Tässä kappaleessa käyn läpi näiden yleisiä prosessikuvauksia sekä tarkoitusta yhteisellä tasolla. Tavoitteenani ei ole niinkään ottaa kantaa eri palvelunhallintamallien lähestymistapaan ja prosessien erotteluun, vaan katsoa kokonaisuutena virhetilanteiden kirjaamista ja dokumentaatiota organisaatiosta. Päämääränä on alustaa empiirisen osuuden tutkimusaineiston keräämistä ja kuvata miten aineisto on organisaatioille alun perin muodostunut.

Suuret organisaatiot operoivat yleensä tukipalvelua (service desk, help desk), joka toimii yksittäisenä kontaktipisteenä tietojärjestelmien käyttäjille. Käyttäjät pyytävät tukipalvelulta tietoa tai raportoivat havaitsemiaan ongelmatapauksia. Tyypillisesti tukipalvelu pystyy ratkaisemaan perustason ongelmat käyttämällä apunaan vastaavien tapausten historiatietoja. Tästä kirjataan myös omaan järjestelmäänsä ns. virhekortti (insidentti, incident). Vaikeammat ongelmat, joita tukipalvelu ei pysty selvittämään välitetään seuraavan tason asiantuntijoille (Gupta, Prasad & Mohania, 2008). Virhetilanteiden hallinta on yksi tietojärjestelmien palvelutuotannon avainasioista, joka auttaa edistämään tietojärjestelmän palvelutuotannon laadukasta toteutusta (Palilingan & Batmetan, 2018). Määritelmän mukaisesti insidentti on mikä tahansa sellainen tapahtuma, joka häiritsee tietojärjestelmän suunniteltua käyttöä tai järjestelmän saatavuutta. Tämän vuoksi insidenttejä tulee havaita ja dokumentoida, sekä seurata näiden esiintyvyyttä. Insidenttien hallinnan kautta saadaan kerättyä dokumentoitua tietoa kohdatuista virhetilanteista, kuten palvelukatkoista, sekä kehitettyä menetelmiä näiden välttämiseksi tai ratkaisun nopeuttamiseksi (Cusick & Ma, 2010).

Insidenttien hallinta (Incident Management, IM) on siis tärkeä prosessi, joka auttaa vastaamaan päivittäisiin virhetilanteisiin sekä palveluissa havaittuihin virheisiin. Tehokkaasti määritelty IM-prosessi sekä sitä tukeva tietojärjestelmä auttavat päätöksentekijöitä havaitsemaan ongelmakohtia sekä sitä kautta

myös vähentämään suunnittelemattomia palvelukatkoja järjestelmissään (Messjana, Pereira, Ferreira & Baptista, 2019). Kun organisaatiolla on käytössä edellä kuvatun mukainen prosessi insidenttien hallintaan sekä dokumentointiin, käytetään sitä kokonaisvaltaisesti koko tapahtumaketjun läpi (Palilingan & Batmetan, 2018). Prosessina tämä virheenselvitys etenee siten, että tukipalvelu kirjaa insidentille tarpeelliset, kuvaavat tiedot tietojärjestelmään omaksi tietueekseen, jota kutsutaan tiketiksi (Gupta, Prasad & Mohania, 2008). Tämä etenee virhetilanteen tunnistamisesta ja jatkuu sen kirjaamiseen, jonka jälkeen tukipalvelu etsii tietokannasta mahdollisesti vastaavia aiempia insidenttejä jotka tarjoaisivat ratkaisun ongelmaan. Jos insidenttiä ei pystytä aiempien tiketien perusteella ratkaisemaan, todettu insidentti kategorisoidaan, priorisoidaan, diagnosoidaan ja mahdollisesti eskaloidaan. Metodi kattaa niin pienet virhetilanteet kuin kriittiset palvelukatkot (Gupta, Prasad & Mohania, 2008; Palilingan & Batmetan, 2018). Virheenselvityksen prosessi on havainnollistettu kuviossa 3.



KUVIO 3 Insidentin hallinnan etenemisprosessi (muokattu lähteestä Gupta, Prasad & Mohania, 2008)

Näistä tiedoista kertyy organisaatiolle suuri tietokanta, joka pitää sisällään systemaattiset ja tarkat kuvaukset kohdatuista virhetilanteista. Tämä summaa virheitä sekä palvelukatkoja, ja kyseistä informaatiota voidaan hyödyntää monipuolisesti tulevaisuudessa esimerkiksi ratkaisemaan vastaavia virhetilanteita aiempien kokemusten avulla (Conger & Probst, 2014). Tyypillisesti edellä kuvatun prosessin kautta muodostetulle tiketille on dokumentoitu insidentistä mm. tietojärjestelmä, jota ongelma koskettaa, kuvaus virhetilanteesta, sekä virheen kriittisyys tai prioriteetti (Gupta, Prasad & Mohania, 2008).

Tapahtuneita insidenttejä voidaan jälkikäteen myös analysoida ja selvittää minkälaisia trendejä historiatietojen perusteella on kohdattu. Trendien seuraaminen ja niihin vastaaminen on osa palvelun jatkuvan parantamisen prosessia, ne auttavat ymmärtämään mistä virhetilanteita syntyy tai miten ongelmat eskaloituvat. Tätä kautta voidaan toteuttaa proaktiivisia toimia estämään vastaavien tilanteiden uusiutumista, koska ymmärtämällä aiempien virhetilanteiden juurisyitä voidaan varautua niihin myös tulevaisuudessa (Saarelainen & Jäntti, 2015).

Tässä kappaleessa olen esitellyt virhetilanteiden hallintaa, sekä prosessia miten organisaatiot dokumentoivat kohtaamiaan ongelmatilanteita. Yleensä tämä on systemaattista ja auttaa muodostamaan oman organisaation sisäisen tietokannan virhetilanteista. Tätä tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi ratkaisemaan vastaavia kohdattuja ongelmia tulevaisuudessa, tai ennustaa virhetilanteiden trendejä sekä varautua proaktiivisesti näiden toistumiseen. Tut-

kimuksessani hyödynnän tätä dokumentoitua tietoa, koska se on systemaattisesti kerättyä, ja sisältää tarkkaa tietoa mm. havaittujen virhetilanteiden vaikutuksesta, kestosta sekä juurisyystä.

2.5 IT-palveluiden hallinnan yhteenveto

IT-palvelutuotannon tavoitteena on siis hallita eri tietojärjestelmiä ja niiden kautta tuotettuja palveluita. Muutostenhallinta liittyy vahvasti tähän, sitä kautta määritellään prosessit tietojärjestelmiin kohdistuvien muutosten toteuttamiselle. IT-palveluiden hallintaan on olemassa useita eri viitekehyksiä, jotka kuvaavat alan parhaita käytäntöjä sekä tarjoavat organisaatiolle valmiita prosesseja laadukkaaseen palvelutuotantoon. Nämä auttavat esimerkiksi edistämään laadunhallinnan menetelmiä, joiden avulla voidaan tavoitella mahdollisimman vähävirheisiä tietojärjestelmiä. Peña ym. (2013) toteavat laadukkaasti IT-palveluiden hallinnan olevan yksi tärkeimpiä vaikuttavia tekijöitä, joiden avulla vaikutetaan itse palvelutuotannon laatuun. Vartiainen & Siponen (2012) esittävät laatuongelmien olevan hyvin yleisiä tietojärjestelmien kehittämisessä, tämä taas johtuu yleisimmin laadunhallinnan puutteista. Gorla ym. (2010) näkevät huonolaatuiset tietojärjestelmät jopa mahdollisina haittatekijöinä yrityksen kilpailukyvyille. Laadunhallinnalle on siis selvää tarvetta, koska se on tärkeässä roolissa tuottamaan vähävirheisiä tietojärjestelmiä. Ohjelmiston testaaminen on yksi käytetyimpiä laadunhallinnan välineitä, jossa tietojärjestelmää testataan ennen käyttöönottoa, että mahdollisesti löytyvät virheet voidaan korjata. Näitä menetelmiä jätetään kuitenkin monesti huomiotta aivan tietoisesti, koska kustannus- tai aikataulupaineet ajavat laadun edelle. Tämä on kuitenkin yksi syy tietojärjestelmän palvelukatkojen aiheuttajina, heikkolaatuinen ja huonosti testattu ohjelmisto ei välttämättä toimi suunnitellulla tavalla tuotantokäytössä. Virheet johtavat pahimmillaan koko tietojärjestelmän palvelukatkoon, järjestelmän ollessa täysin käyttäjien saavuttamattomissa tai suorituskyvyltään erittäin heikko.

Oleellinen osa tietojärjestelmän palvelutuotannon elinkaareissa on muutoksenhallinta. Cater-Steel, Toleman & Tan (2006) esittävät muutostenhallinnan tärkeimpänä tehtävänä olevan vain hyödyllisten muutosten käyttöönottoaminen, joka estää tietojärjestelmän virheiden sekä häiriötilanteiden esiintymistä ja siten auttaa välttämään palvelukatkojen aiheutumista muutosten vaikutuksesta. Tietojärjestelmän käyttöönoton jälkeen järjestelmää yleensä kehitetään edelleen esittelemällä uusia toiminnallisuuksia ja tekemällä virheidenkorjauksia. Muutostenhallintaa koskettaa kuitenkin samat lainalaisuudet kuin muutakin kehittämistä. Laadunhallinnan menetelmät tulisi huomioida muutosten yhteydessä ja esimerkiksi testata niin uudet toiminnot kuin myös varmistaa regressiotestauksella vanhan toiminnon virheettömyys. Testauksen puutteellisuus mahdollistaa uusien virheiden päätyneen tuotantopalveluun, josta voi seurata haittaa tietojärjestelmän käytölle esimerkiksi suunnittelemattomien palvelukatkojen muodossa.

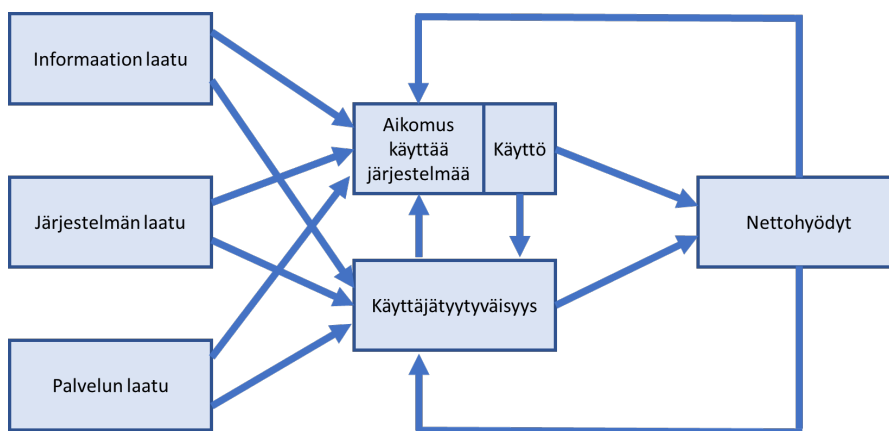
Schermannin ym. (2016) mukaan organisaation muutostenhallintaprosessia voidaan kuvata varmuus-velositeettimallin avulla, joka havainnollistaa muutosten läpivientinopeutta suhteessa toiminnalliseen varmuuteen. Käytännössä tällä siis kuvataan esimerkiksi sitä, miten nopeasti muutos viedään tuotantoon ja miten perusteellisesti sen vaikutukset on testattu. Nopealla tahdilla käyttöönotetut muutokset, joiden vaikutukset ovat epäselvät esimerkiksi puutteellisen testauksen vuoksi, ovat suorastaan mielipuolisia. Muutoksen virhevaikutukset ja vakaus eivät ole tällöin tiedossa, joten laadunhallinnalliselta kannalta tällaisia ei saisi juuri esiintyä. Ghanbari ym. (2018) kuitenkin tunnistavat tämän valitettavan yleiseksi tavaksi tietojärjestelmien kehittämisessä, jossa aikataulupaineet painostavat julkaisemaan puutteellisesti testattuja kehitystöitä.

Congerin & Probstin (2014) mukaan tapahtuneet palvelukatkot kirjataan omaan tietokantaansa, jota voidaan jälkikäteen hyödyntää esimerkiksi vastaavien virhetilanteiden ratkaisussa. Gupta ym. (2008) esittävät tämän olevan tärkeä osa virhetilanteiden hallinnan prosessia, jossa tietojärjestelmissä havaitut virheet kategorisoidaan ja dokumentoidaan systemaattisesti keskitettyyn tietokantaan. Tähän tietokantaan kirjataan niin pienet virhetilanteen kuin suuret palvelukatkot.

3 TIETOJÄRJESTELMÄN LAADUN MITTAROINTI

Tietojärjestelmien keskeisen merkityksen vuoksi niiden tuottaman palvelun tulee olla laadukasta. Järjestelmän laatu ei itsessään ole kuitenkaan konkreettisesti avautuva käsite, joten tämän luvun tavoitteena on määritellä sen käsitteellistä sisältöä tietojärjestelmien kontekstissa.

Tietojärjestelmän tehokkuuden sekä sen menestystekijöiden arvioiminen on merkityksellistä, että järjestelmään toteutettavien investointien ja päätöksen- teon tehokkuutta pystytään ymmärtämään paremmin. Tietojärjestelmän menes- tystekijöiden määrittämiseen voidaan esimerkiksi käyttää kuuden eri ulottu- vuuden mallia, joiden avulla pystytään määrittelemään tietojärjestelmän me- nestystä. Nämä ulottuvuudet ovat informaation laatu, järjestelmän laatu, palve- lun laatu, aikomus käyttää järjestelmää, käyttäjätyytyväisyys ja nettohyödyt (DeLone & McLean, 2003). Ymmärtämällä käytön, laadun ja tyytyväisyyden keskeisiä suhteita, voidaan myös paremmin ymmärtää tietojärjestelmän onnis- tunutta hyödyntämistä (Nelson, Todd & Wixom, 2005). Tietojärjestelmän me- nestystekijät sekä niiden väliset yhteydet on kuvattu DeLonen & McLeanin (2003) mallin mukaisesti alla olevassa kuviossa 4.



KUVIO 4 Malli tietojärjestelmän menestystekijöistä (muokattu lähteestä DeLone & McLean, 2003)

Edellä esitellystä, tietojärjestelmän menestystekijöiden mallin kuudesta ulottuvuudesta esittelen seuraavissa alaluvuissa kolmea tämän tutkimuksen kannalta oleellista käsitettä. Palvelukatkot sijoittuvat DeLonen & McLeanin (2003) mallissa järjestelmän laadun alle, joka vuorovaikuttaa suoraan käyttäjän aikomukseen käyttää järjestelmää sekä käyttäjäytyyväisyyteen. Näillä perusteilla tämä tutkimus voidaan rajata kyseisen kolmen ulottuvuuden määrittelymiseen, koska ne liittyvät suoraan palvelukatkoihin ja niiden vaikutuksiin. Tästä syystä käyn seuraavaksi läpi näiden käsitteiden määritelmät ja vaikutukset tutkimusaiheen kannalta.

3.1 Järjestelmän laatu

Tietojärjestelmän yhtenä laatutekijänä pyritään mittaamaan järjestelmän laatua, mille on tietojärjestelmätieteessä omat määritelmänsä. Järjestelmän laatu voidaan lähtökohtaisesti kokea varsin abstraktina käsitteenä, jonka vuoksi sen sisältöä on pyritty määrittämään tietojärjestelmätieteen teorioissa mahdollisimman kuvaavasti. Tämän vuoksi järjestelmän laatu on myös oleellinen osa tätä tutkimusta, että pystymme käsittämään mihin sillä tässä kontekstissa tarkalleen viitataan.

Tietojärjestelmän menestystekijänä järjestelmän laadulla tarkoitetaan niitä määrittäviä tekijöitä, joiden kautta järjestelmän laatua voidaan mitata. Näitä ovat esimerkiksi järjestelmän luotettavuus, saatavuus, vasteajat, sopeutuvuus ja käytettävyys (DeLone & McLean, 2003). Kyseiset tekijät kuvaavat siis tietojärjestelmän laadullisia toimintoja. Kyseisiä toimintoja edellytetään järjestelmältä, että se voi tuottaa tietoa (Nelson ym., 2005). Järjestelmän laatu mittaa siis tietojärjestelmän teknistä toteutusta, eli miten vähän virheitä sen käytössä ilmenee, kuinka helppoa järjestelmän käyttö on ja miten joustava järjestelmä on. Järjestelmän laadulla on tietyissä tutkimuksissa myös havaittu vaikutusta järjestelmän sisältämän informaation laatuun. Intuitiivisesti ajateltuna tämä yhteys liepee hyväksyttävää: huonolaatuinen järjestelmä, joka on esimerkiksi epävakaa johtaa myös sen antaman informaation laadun alentumiseen (Gorla, Somers & Wong, 2010).

Järjestelmän laatu on tärkeä mittari mitä voidaan soveltaa myös esimerkiksi eri tietojärjestelmien keskinäisessä vertailussa. Ajatellaan että organisaatio on hankkimassa uutta tietojärjestelmäratkaisua liiketoimintatiedon hyödyntämiseen, eri ohjelmistotuottajien valmisohjelmistoista voidaan tällöin vertailla niiden järjestelmän laadullisia tekijöitä, kuten luotettavuutta, saavutettavuutta ja vasteaikoja. Laatutekijöillä on siis suhteellisesti tärkeitä käyttökohteita, koska niitä voidaan soveltaa diagnosoivasti eri tietojärjestelmävaihtoehtojen valinnassa (Nelson ym., 2005). Akateemisissa tutkimuksissa on osoitettu vahvaa tukea sille, että järjestelmän laatu vaikuttaa merkittävästi käyttäjäytyyväisyyteen. Tämä myös osaltaan alleviivaa sitä, miten vaikeaa on toisaalta myös ymmärtää ja mitata tietojärjestelmän käyttöä. Siinä missä järjestelmän laadulle ja käyttäjäytyyväisyydelle on vahvaa tutkimusnäyttöä useasta eri tutkimuksesta, on jär-

jestelmän laadulle ja itse käytölle huomattavasti heikompa tukea. Näiden välinen epäjohtonmukaisuus saattaa liittyä järjestelmän käytön konstruktion, jota monesti laiminlyödään tai kritisoidaan osana menestystekijöitä. Tutkijat saattavat esimerkiksi mitata järjestelmän laatua pelkästään yhden osatekijän kautta, kuten käytön helppoutta tutkimalla. Tämä voi heikentää tutkimuksen validiteettia suhteessa järjestelmän laatuun (Petter, DeLone & McLean, 2008).

Edellä esitettyyn pohjaten järjestelmän laatu tarkoittaa niitä osatekijöitä, jotka muodostavat pohjan laadukkaalle tietojärjestelmälle. Tämä pitää sisällään esimerkiksi järjestelmän luotettavuuden, eli sen miten hyvin tietojärjestelmä on palveluaikanaan käytettävissä. Muita tekijöitä järjestelmän laadulle ovat esimerkiksi helppokäyttöisyys ja järjestelmän vasteajat. Hyvä järjestelmän laatu on tässä suhteessa tietojärjestelmällä, jota sen käyttäjät pystyvät hyödyntämään tarpeensa mukaan. Palvelukatkojen määrä siis vaikuttaa tietojärjestelmän koettuun laatuun merkittävänä tekijänä.

3.2 Aikomus käyttää järjestelmää sekä järjestelmän käyttö

Järjestelmän laadun kuvatessa lähinnä teknisiä tekijöitä, jotka mittaavat erityisesti tietojärjestelmän käytettävyyteen ja palvelutasoon liittyviä asioita, tarvitaan myös toisenlaisia mittareita joiden avulla voidaan määritellä järjestelmän varsinaista käyttöä. Tietojärjestelmän käytön mittaaminen ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteinen laadullinen tekijä, koska järjestelmän käyttäminen voi olla joko vapaaehtoista tai pakollista. Ajatellaan esimerkkinä työnantajan tai julkishallinnon tarjoamia tietojärjestelmiä, joiden hyödyntämisestä loppukäyttäjä ei välttämättä pysty tekemään tietoista päätöstä. Järjestelmän käyttö voi siis tulla annettuna asiana. Koska järjestelmän käyttö kuitenkin nähdään tietojärjestelmätieteessä omana mitattavana laadullisena määreenään, tarkastelen tämän alaluvun sisällä niitä tekijöitä joiden avulla käyttöä voidaan mittaroida. Tutkimuksen aiheeseen liittyen selvitan myös palvelukatkojen yhteyttä tietojärjestelmän käyttöön.

Aikomuksella käyttää järjestelmää tarkoitetaan sitä henkilökohtaista asennetta, joka yksilöllä on aikomuksenaan järjestelmän käytön suhteen. Aikomus järjestelmän käyttämisestä johtaa tyypillisesti järjestelmän varsinaiseen käyttämiseen, käyttöä taas voidaan tarkastella tietojärjestelmän menestystekijän mittarina. On tärkeää erotella nämä kaksi asiaa toisistaan - aikomus käyttää järjestelmää ja järjestelmän käyttö - vaikka ne liittyvätkin vahvasti yhteen, koska järjestelmän käyttäminen yksistään on käsitteenä hyvin moniselitteistä. Järjestelmän käyttö voi olla pakollista, jolloin käyttäjällä ei itsessään ole suurta vaikutusvaltaa käytön suhteen (DeLone & McLean, 2003). Järjestelmän käytön pakollisuus ei kuitenkaan ole sama asia kuin järjestelmän tehokas tai tuottava käyttäminen. Pakollisen järjestelmän käyttö voi yhtä hyvin olla tehotonta tai vähentää tuottavuutta, joka voi aiheutua esimerkiksi tyytymättömyydestä tietojärjestelmän teknisiin seikkoihin (Sørebø & Eikebrokk, 2008). Vaihtelu käytön määrän ja voimakkuuden välillä vaikuttaa todennäköisesti suuresti tietojärjestel-

män hyötyjen saavuttamiseen, vaikkakaan käytön määrä ei suorassa suhteessa osoita näitä hyötyjä. Käytön määrän vähentyminen saattaa kuitenkin kertoa siitä, että tietojärjestelmän odotetut hyödyt eivät ole toteutuneet (DeLone & McLean, 2003). Käyttäjätyytyväisyys vaikuttaa myös vahvasti järjestelmän varsinaiseen käyttöön. Korkealla käyttäjätyytyväisyydellä on osoitettu olevan positiivinen vaikutus tietojärjestelmän käytön määrään. Kun tietojärjestelmän käyttö lisääntyy, se mahdollistaa myös entistä paremmin järjestelmän tuottamien etujen lisääntymisen (Hou, 2012). Myös organisaation ylimmän johdon tuki vaikuttaa tietojärjestelmän käyttöön (Lin, 2010).

Järjestelmän käytön esitetään siis olevan yksi avaintekijöistä tietojärjestelmien tutkimisessa, mutta sillä ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteistä ja tieteenkijöiden piirissä laajalti hyväksyttyä määritelmää. Järjestelmän käyttö on kuitenkin aina kolmikantaista, se edellyttää tietojärjestelmän, käyttäjän sekä tehtävän keskinäistä vertailua. Laadun mittaamiseksi tulee näiden elementtien suhteen valita sellaiset mittarit, jotka liittyvät läheisesti tarkasteltavaan alueeseen. Väärinvalitut mittarit voivat pahimmillaan johtaa jopa täysin päinvastaisiin johtopäätöksiin (Burton-Jones & Straub Jr, 2006). Järjestelmän käyttö on yksi tietojärjestelmän laadun mittaamisen ydintekijöistä, mutta tämäkään ei ole yksinään riittävä mittari järjestelmän menestykselle. Esimerkiksi tietojärjestelmällä ei voi olla hyötyjä tai vaikuttavuutta, jos sillä ei ole käyttöäkään, mutta käyttöä taas ei voi esiintyä ilman että tietojärjestelmä on olemassa (DeLone & McLean, 2003).

Järjestelmän käytön mittaamisessa tulisi pyrkiä monitahoiseen lähestymistapaan, jossa mitataan käyttöä usealla eri tasolla. Perinteisesti tutkijoiden voidaan katsoa sortuneen liian yksitasoisen käytön mittaamiseen, missä käytön taso on rajattu vain yhdelle asteelle. Tällä lähestymistavalla voi toki olla myös omat, perustellut käyttökohteensa, mutta viime kädessä siitä seuraa hajanaisia tutkimustuloksia, jotka ovat puutteellisia ja vääristyneitä. Yksitasoinen käytön mittaaminen keskittyy esimerkiksi yksilöiden, ryhmien tai tietyn organisaation tietojärjestelmän käytön tutkimiseen. Monitahoinen järjestelmän käytön tutkiminen selvittää vaikutuksia laajemmin, perehtymällä esimerkiksi tietojärjestelmän käyttämisen rakenteeseen, kollektiivisen käytön muotoon, käytön kontekstiin, tai toiminnalliseen käyttöön (Burton-Jones & Straub Jr, 2006).

DeLonen & McLeanin (2003) mallin mukaisesti tietojärjestelmän laatu on yksi vaikuttava tekijä järjestelmän käytölle, tai aikomukselle käyttää järjestelmää. Järjestelmän laatu voi vaikuttaa suoraan käytön määrään, tai epäsuorasti käyttäjätyytyväisyyden ja järjestelmän koetun hyödyllisyyden kautta (Lin, 2010).

3.3 Käyttäjätyytyväisyys

Tietojärjestelmän käytön kautta pääsemme seuraavaksi tarkastelemaan siihen läheisesti kytkeytyvää laadullista mittaria, eli käyttäjätyytyväisyyttä. Käyttäjätyytyväisyys edellyttää tietenkin tietojärjestelmän käytön, koska tyytyväisyyttä ei periaatteessa voi olla olemassa ilman käyttöä. Käyttäjätyytyväisyys on jälleen kuitenkin laaja kokonaisuus, joten tarkastelen seuraavaksi miten se kokonai-

suutena muodostuu ja mitkä tekijät vuorovaikuttavat käyttäjätyytyväisyyteen. Peilaan myös palvelukatkojen vaikutusta käyttäjätyytyväisyyteen ja määrittelen näiden keskinäistä yhteyttä.

Käyttäjätyytyväisyys on yksi tärkeimpiä laadun mittareita tietojärjestelmän menestystekijöistä. Tämä mittaa loppukäyttäjän kokonaisvaltaista tyytyväisyyttä tietojärjestelmään ja sen eri toimintoihin, eli mitä mieltä käyttäjä on itse järjestelmästä. Käyttäjätyytyväisyys on varsin läheisesti sidoksissa järjestelmän käyttöön siinä mielessä, että käyttäjän on tietoisesti käytettävä tietojärjestelmää voidakseen kokea jonkinlaista tyytyväisyyttä sitä kohtaan (DeLone & McLean, 2003). Käyttäjätyytyväisyyden eri tekijöihin voi vaikuttaa myös järjestelmän käytön pakollisuus. Esimerkiksi organisaation sisäisellä käyttäjällä voi olla tietty tietojärjestelmä, jota on pakko käyttää työtehtävien vuoksi. Jos järjestelmän käyttö on pakollista, ei käyttäjällä välttämättä tarvitse olla omaa käsitystä järjestelmän tarpeellisuudesta. Tällöin käyttäjätyytyväisyyteen vaikuttaa enemmän esimerkiksi se, miten hyvin käyttäjä pystyy järjestelmällä hoitamaan päivittäisiä työtehtäviään (Sørebø & Eikebrokk, 2008).

Prosessin kannalta järjestelmän käyttö edeltää käyttäjätyytyväisyyttä, mutta kausaalisesti tarkasteltuna järjestelmän käytön positiiviset vaikutukset johtavat käyttäjätyytyväisyyteen. Kun järjestelmän käyttö johtaa positiiviseen käyttäjätyytyväisyyteen, tästä seuraa nettohyötyjä tietojärjestelmän kokonaisvaikuttavuuden kannalta. Vastaavasti käyttökokemusten aiheuttaessa negatiivisia käyttäjätyytyväisyyden kokemuksia, tästä seuraisi myös negatiivisia nettovaikutuksia (DeLone & McLean, 2003). Korkealla käyttäjätyytyväisyydellä on osoitettu olevan tutkimusnäyttöä edellä kuvatuista positiivisista vaikutuksista. Kun käyttäjätyytyväisyys on korkea, siitä voi seurata järjestelmän käytön lisääntymistä ja sen myötä korkeampia nettohyötyjä. Tyytyväisyys siis voi lisätä järjestelmän käyttöä, jota kautta lisääntyy myös järjestelmän hyötyjen vaikutukset (Hou, 2012).

Järjestelmän laatu vaikuttaa käyttäjätyytyväisyyteen. Käyttäjä, joka kokee järjestelmän olevan luotettava, on todennäköisemmin myös tyytyväinen järjestelmään ja käyttää sitä myös jatkossakin (Hsieh & Lin, 2018).

Toistuvista palvelukatkoista kärsivä tietojärjestelmä ei näin ollen voi edustaa hyvää järjestelmän laatua, koska se ei ole käyttäjien tarpeiden mukainen ja siten haittaa myös käyttäjätyytyväisyyttä.

4 PALVELUKATKOT

Palvelukatkot ovat luonnollisesti tutkimukseni ytimessä. Tämän luvun tavoitteena on selventää palvelukatkojen määritelmää, sekä keskittyä kuvaamaan miten ne ilmenevät eri tietojärjestelmissä. Perehdy aiempiin tieteellisiin tutkimuksiin aihepiiristä, haen kirjallisuudesta tunnistettuja syitä palvelukatkojen aiheuttajille sekä kuvaan niitä eri tekijöitä, jotka vaikuttavat palvelukatkojen esiintymiseen. Lopuksi selvitän vielä minkälaisia eri vaikutuksia palvelukatkoilla voi olla organisaatiolle, esimerkiksi liiketoiminnalle kannalta tarkasteltuna.

Palvelukatolla – tai käyttökatolla – tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, kun tietojärjestelmä ei ole käytettävissä. Palvelukatkot voivat olla suunniteltuja tai suunnittelemattomia. Suunnitellut palvelukatkot ovat ennalta tiedossa olevia ja sovittuja ajanjaksoja, jolloin tietojärjestelmä ei ole käytettävissä esimerkiksi huoltotyön tai päivityksen vuoksi. Suunnittelematon palvelukatko taas on ajanjakso, jolloin tietojärjestelmä ei ole normaaliin toiminta-aikaansa käytettävissä johtuen esimerkiksi äkillisestä laiterikosta, järjestelmän ylikuormittumisesta tai inhimillisestä virheestä (Penuel, Statler & Hagen, 2013, s. 298). Organisaatiot hyödyntävät yleensä IT palveluiden hallinnassa omaa prosessia ongelmatilanteiden hallintaan, esimerkiksi ITIL kuvaa prosessin tätä varten. ITIL:n määrittelemässä prosessissa jokaisesta ongelmatilanteesta kirjataan ns. ongelmakortti, johon kuvataan kyseinen virhe sekä tehdyt toimenpiteet sen ratkaisemiseksi. Tällaista ongelmakorttia kutsutaan yleisesti *tiketiksi*. Monella organisaatiolla on oma tietojärjestelmä tiketointia varten (Marcu, Grabarnik, Luan, Rosu, Shwartz & Ward, 2009).

Aiemmat tutkimukset palvelukatkoista selittävät lähinnä yksittäisten osalueiden näkökulmia, mutta ne eivät kuitenkaan tuota holistista näkemystä organisaation tietojärjestelmien suhteen. Tänä päivänä organisaatiot hyödyntävät yleensä useita eri tietojärjestelmiä toiminnassaan, kuten itsetehtyjä web-sovelluksia, eri valmisohjelmistoja, räätälöityjä sovelluksia sekä pilvipalveluita (ks. esim. Rader, 2012; Kambil, 2009). Tämä aiheuttaa tarpeen ymmärtää laajemmassa kokonaisuudessa eri tietojärjestelmien kokemia tyypillisiä häiriötekijöitä, koska nämä vaikuttavat laaja-alaisemmin organisaation toimintaan.

Palvelukatkot määritellään siis ajanjaksoiksi, jolloin tietojärjestelmä ei ole käytettävissä. Perehdyn tutkimuksessani nimenomaisesti tietojärjestelmien suunnittelemattomiin palvelukatkoihin, ja yritän löytää selittäviä syitä ja yhdistäviä tekijöitä näille.

4.1 Palvelukatkot tietojärjestelmissä

Palvelukatkot voivat koskettaa useita eri palveluita, periaatteessa mikä tahansa palvelu joka ei ole odotettuun aikaan käytettävissä voitaneen katsoa häiriintyneeksi. Mikä tahansa palveluna tarjottu asia, aineellinen tai aineeton kuten omakotitalon vesijohto tai sähkölinja, voivat kokea palveluntuotannossaan häiriöitä. Rajaan luonnollisesti oman tutkimukseni aihepiirin fokuksen tietojärjestelmiin, tarkastellen miten palvelukatkot vaikuttavat näihin ja mitkä tekijät ovat juurisyinä taustalla. Tämän alaluvun tavoitteena on syventyä tietojärjestelmien kokemuksiin palvelukatkoihin, sekä peilata jo tunnistettuja syitä näille. Alaluku keskittyy ennen kaikkea määrittelemään palvelukatkoa organisaation kohtana ilmiönä, sekä selvittämään yhden tutkimuksen kautta näiden pääpiirteisiä aiheuttajia.

Tietojärjestelmät ovat entistä enemmän läsnä sekä alati tärkeämmässä roolissa meidän jokapäiväistä elämäämme. Ne tukevat, ohjaavat, hallitsevat ja rikastavat elämäämme niin käyttämiemme hyödykkeiden kautta, kuin myös kriittisemmissä ympäristöissä. Tänä päivänä tietojärjestelmät vastaavat monien turvallisuuskriittisten toimintojen operoimisesta, esimerkiksi sairaanhoidon järjestelmät, autoteollisuuden ratkaisut ja kotiautomaatio tarvitsevat toimivia tietojärjestelmiä palveluidensa taustalle. Ohjelmistojen luotettavuus on entistä tärkeämmässä asemassa, koska tietojärjestelmien käyttö näyttäisi vain lisääntyvän (Feinbube, Tröger & Polze, 2016). Monella toimialalla on yleisesti tiedostettu, sekä jopa hyväksytty, tietojärjestelmien suunnittelemattomat palvelukatkot. Tietojärjestelmän jokin kriittinen osa-alue voi äkillisesti rikkoontua, mikä aiheuttaa suunnittelemattoman palvelukatkoa järjestelmällä. Tietojärjestelmien tuotantoympäristöt ovat tyypillisesti monimutkaisia kokonaisuuksia, jonka vuoksi suunnittelemattomien palvelukatkojen esiintyminen on myös todennäköistä. Tähän vaikuttaa usean osatekijän yhdistelmä, sillä tietojärjestelmän operoimiseen tarvitaan mm. henkilöstöä, ohjelmistoja, laitteistoa sekä tietoverkkoja (O’Callaghan & Mariappanadar, 2008).

Perttet & Narasimhan (2005) tutkivat web-sovellusten häiriöitä perehtymällä yli neljäänkymmeneen tuotantoympäristössä tapahtuneeseen ohjelmistovirheeseen. Tutkimus lähestyi palvelukatkoja web-sovellusten tulokulmasta. Näiden verkkopohjaisten sovellusten tehtävänä on esimerkiksi tuottaa liikevaihtoa, hankkia asiakkaita tai auttaa toimittajien kanssa kommunikoimisessa. Tutkimus kategorisoi häiriöiden aiheuttajat neljään eri luokkaan: ohjelmistovirheet, operaattorivirheet, laite- ja ympäristöperäiset virheet, sekä tietoturvarikkeet. Tutkimuksen mukaan noin 80 % virhetilanteista syntyi inhimillisistä virheistä, joista suurin osa aiheutui ohjelmistojen muutoksenhallinnan aikana (Per-

tet & Narasimhan, 2005). Tämä antaa hyvät lähtökohdan ymmärtää yksittäisen web-sovelluksen virhetilanteita, jotka ovat monesti yrityksen itse tuottamaa ydinpalvelua.

Enriquez, Brown ja Patterson (2002) esittävät tietojärjestelmien suunnittelelemattomien palvelukatkojen johtuvan tyypillisesti sellaisista tekijöistä, jotka voidaan kategorisoida yhteen tai useampaan yleiseen kategoriaan. Tässä tutkimuksessa selvitettiin puhelinverkossa kohdattuja palvelukatkoja. Puhelinverkko valittiin palvelukatkojen tutkimuskohteeksi, koska sitä kohtaavat suunnittelelemattomat palvelukatkot dokumentoidaan aina Yhdysvaltojen telehallintoviraston vaatimuksesta. Tulosten perusteella tutkijat esittivät yleistystä kategorioinnille myös muihin tietojärjestelmiin, koska teknisesti puhelinverkko toimii kuin hajautettu, nykyaikainen tietojärjestelmä. Kyseinen tutkimustulos edustaa yhtä tutkimusotantaa palvelukatkoista, laajemmin aiempia tieteellisiä tutkimuksia palvelukatkoista on käsitelty luvussa 5. Enriquezn, Brownin ja Pattersonin (2002) tutkimuksessaan esittämät kategoriat on kuvattu alla, taulukossa 1.

TAULUKKO 1 Esimerkki suunnittelelemattomien palvelukatkojen aiheuttavien tekijöiden luokittelu (Enriquez, Brown & Patterson, 2002)

Palvelukatkon aiheuttava tekijä

Laitteistovika

Ohjelmistovirhe

Inhimillinen virhe yrityksen omalta työntekijältä

Inhimillinen virhe yrityksen ulkopuoliselta henkilöltä

Järjestelmän ylikuormittuminen

Luonnonilmiö

Vandalismi

Laitteistovika aiheutuu fyysisesti vioittuneesta laitteesta, kuten vikaantuneesta tietoverkkokytimestä tai sähköviasta. Ohjelmistovirhe aiheutuu suoranaisesti käytetystä ohjelmistosta, esimerkiksi ohjelmiston virheellisestä tai väärästä toiminnasta. Yrityksen oman työntekijän aiheuttama inhimillinen virhe on nimensä mukaisesti vahingollinen tapahtuma, kuten virheellisesti tehty korjaustoimenpide tai vahingossa katkaistu kaapeli. Yrityksen ulkopuolisen henkilön tekemä inhimillinen virhe on vastaavasti ulkoisen henkilön, jolla ei ole työsuhdetta yritykseen, aiheuttama vahingollinen tapahtuma. Järjestelmän ylikuormittuminen viittaa tilanteeseen, jossa palvelukatkon aiheuttaa järjestelmän kapasiteetin ylittyminen. Luonnonilmiö pitää sisällään tulipalot, tulvat ja salamaniskujen aiheuttamat palvelukatkot. Vandalismi taas järjestelmälle tietoisesti aiheutetun vahingon. Näistä tekijöistä inhimilliset virheet ovat yleisimpiä suunnittelelemattomien palvelukatkojen aiheuttajia. Ihmiset ovat tietojärjestelmien kanssa jatkuvasti vuorovaikutuksessa, joten näiden aiheuttamat tekijät tulisi huomioida palvelukatkojen vähentämiseksi. (Enriquez, Brown & Patterson, 2002.)

Palvelukatkosta palautuminen voidaan nähdä myös omana prosessinaan, jonka ratkaisemisessa on mahdollista hyödyntää erilaisia lähestymistapoja. ITIL tunnistaa viisiportaisen menetelmän ongelman juurisyyn analysoimiseksi. Tämä vaiheina ovat ongelman määrittely, ongelman kuvaaminen, mahdollisten

syiden arvioiminen, oletetun syyn testaaminen, sekä juurisyyn todentaminen. Lähestymistapaa voidaan kuvata ongelmakeskeiseksi, jossa pyritään ensin määrittelemään ongelma ja sitten löytämään sen aiheuttaja. Vaihtoehtoinen lähestymistapa tälle on esimerkiksi ratkaisukeskeinen malli. Tämän vaiheet ovat ongelman myöntäminen, vaikutuksen arviointi, virheettömän ajanjakson tunnistaminen, organisaation ongelmanhallinnan arvioiminen, vaihtoehtojen läpikäynti, sekä korjauksen toteuttajien kiittäminen (O'Callaghan & Mariappanadar, 2008). Molemmat edellä kuvatuista lähestymistavoista pyrkivät korjaamaan havaitun ongelman, siten myös ongelman aiheuttajan juurisyys on joka tapauksessa näissä oleellisessa osassa. Kyseinen seikka tukee tämän tutkimuksen edistämistä, koska tämän tutkimustulosten toivon modernisoivan Enriquezin ym. (2002) esittämää luokittelua palvelukatkojen aiheuttajista.

Palvelukatkot aiheuttavat siis merkittäviä haasteita tietojärjestelmien palvelutuotannolle. Erityisesti kriittisessä asemassa olevilta järjestelmiltä edellytetään hyvin korkeaa saavutettavuutta, jolloin suunnittelemattomilla palvelukatkoilla voi olla vakavia vaikutuksia. Tästäkin huolimatta palvelukatkoja tapahtuu ja näiden esiintyminen vähintäänkin tiedostetaan eri toimialoilla. Palvelukatkojen aiheuttajia esiintyy tietojärjestelmien eri komponenteissa, syinä on muun muassa laitteisto- ja ohjelmistovirheet sekä inhimilliset tekijät. Tässä alaluvussa esitelty kirjallisuus on kuitenkin keskittynyt yksittäisten järjestelmien palvelukatkojen tutkimiseen, käsittelin mm. puhelinverkon dokumentoituja palvelukatkoja sekä web-sovellusten vastaavia katkoja. Näiden tutkimusten löydökset olivat osittain toisiaan tukevia, joskin näkökulma erojen vuoksi myös erilaisia. Fokus oli kuitenkin perinteisissä tietojärjestelmissä, jonka vuoksi perehdyin seuraavassa alaluvussa samaan asiaan, mutta pilvijärjestelmien näkökulmasta.

4.2 Palvelukatkot pilvipalveluissa

Tietojärjestelmien moderni ja entistä yleisempi palvelutuotannon muoto on pilvijärjestelmissä. Pilvipalveluna hankittu tietojärjestelmä edustaa erilaista paradigmaa IT-palvelutuotannolle, jossa järjestelmä ostetaan täysin ulkoistettuna palveluna. Pilvijärjestelmän toimittaja vastaa käytännössä kaikesta järjestelmän kehittämisestä ja ylläpitämisestä, tuottaen samaa tietojärjestelmää palveluna useille eri asiakkaille. Tällä palvelutuotannon mallilla saavutetaan mittakaavaetua, joka heijastuu mm. kustannustehokkuutena ja entistä paremmin tuotettuina tietojärjestelminä. Arkkitehtuurimielessä tämä kuitenkin tarkoittaa entistä suuremman mittakaavan tietojärjestelmiä, jotka odotettavasti kohtaavat omanlaisiaan haasteita palvelukatkojen suhteen. Tämän alaluvun aikana perehdyin tietojärjestelmien kohtaamiin palvelukatkoihin nimenomaan pilvipalveluiden näkökulmasta, sekä minkälaisia erityispiirteitä pilvijärjestelmät ja niiden virhe-tilanteet sisältävät.

Pilvipalvelut ovat yleistyneet ja saavuttaneet suosiota viime vuosien aikana myös organisaatioiden käytössä. Palvelutuotannon muotona pilvipalvelut

ovat alkaneet esiintyä kypsempinä ratkaisuin, ja näiden arkkitehtuuriratkaisut ovat jatkaneet kehittymistään. Myös uusia pilviteknologioiden malleja on esitelty kuluneen vuosikymmenen aikana. Pilvipalvelut ovat kuitenkin sisäiseltä infrastruktuuriltaan huomattavasti monimutkaisempia kuin perinteiset yhden palvelimen järjestelmät (Gunawi ym., 2016). Pilvipalvelun luonteeseen kuuluu, että se tarjoaa lähes rajoittamattomat resurssit ja skaalautuu asiakkaan laskentatarpeisiin. Näitä resursseja voidaan hyödyntää korvaamaan tietojärjestelmän rikkoutuneita komponentteja, että järjestelmä pystyy jatkamaan toimintaansa vikaantumisesta huolimatta. Pilven kapasiteetti on kuitenkin käytännöllistä vain siinä tapauksessa, jos vikaantumiset pystytään havaitsemaan nopeasti ja luotettavasti (Huang ym., 2017). Myös suositut pilvipalvelut – kuten Microsoft Azure – ovat kohdanneet tuotantokäyttöä haittaavia palvelukatkoja säännöllisesti. Virheet sekä komponenttien vikaantumiset ovat yhtälailla väistämättömiä pilvipalveluissa. Pilvijärjestelmät ovat infrastruktuuriltaan suuria, monen palvelimen hajautettuja järjestelmiä. Skaalan mukana tulevat myös suurille järjestelmille spesifiset virhetilanteet, joita ei esiinny yhden palvelimen pienjärjestelmissä (Liu, Lu, Musuwathi & Nath, 2019).

Pilvipalveluiden tulee skaalautua tarpeen mukaan, hajauttaa eri komponentteja toimintavarmuuden takaamiseksi, sekä palvella suurta määrää eri käyttäjiä. Nämä palvelut eivät ole 100 % luotettavia ja pilvi-infrastruktuurin luotettavuudessa on edelleen parannettavaa. Tyypillisesti pilvipalveluiden palvelukatkot johtuvat joko ohjelmisto- tai laitteistoviasta. Ohjelmistovioista yleisimpiä ovat mm. virheenkäsittelyn, ohjelmistologiikan, optimoinnin ja konfiguraatioiden viat (Gunawi ym., 2016). Ohjelmistovirheet ovat ongelmallisia tapauksia pilvipalveluiden operoimiselle, nämä aiheuttavat sekä virheellistä toimintaa palvelun käytölle että varsinaisia palvelukatkoja. Ongelmallista näille on virheiden ajoittan vaikea havaittavuus, asiakas ei välttämättä huomaa virheen esiintymistä välittömästi mikäli se ei aiheuta täydellistä palvelukatkoa pilvijärjestelmälle (Cotroneo ym., 2019). Pilvipalveluiden palvelukatkot aiheutuvat monesti vaihteittain ja lähes huomaamatta etenevinä ilmiöinä, jolloin automaattiset havaitsemismekanismit eivät reagoi virheisiin oikein. Tämänkaltaisia ongelmatilanteita ovat esimerkiksi tietoliikenteen satunnaiset pakettihäviöt, merkittävät suorituskykyongelmat, muistivirheet, epävakaata siirräntä, ei-fataalit virheet tai paineet kapasiteetin suhteen. Epäsuorat ja vaikeasti havaittavien virheiden määrän voidaan arvioida kasvavan tulevaisuudessa, kun pilvijärjestelmät jatkavat kasvamistaan sekä koossa että kompleksisuudessa. Tämä lisää satunnaisia ongelmatilanteita, joiden vaikutus vastaavasti voimistuu pilven luonteenpiirteiden vuoksi. Useiden eri asiakkaiden samanaikaisesti aiheuttamat vaihtelevat kuormat ovat omiaan lisäämään ympäristön kompleksista vuorovaikutusta ja keskinäistä riippuvuutta (Huang ym., 2017). Järjestelmän hajautuksen ja eri komponenttien kahdennuksen vuoksi pilvijärjestelmillä ei periaatteessa ole heikoimpana lenkinä yksittäistä vikaantumispistettä, joka tunnetaan myös käsitteellä ”single point of failure”. Mittakaavan ja monimutkaisen järjestelmäarkkitehtuurin vuoksi pilvijärjestelmät ovat kuitenkin alttiita ”tappa-

jabugeille”, jotka voivat kaataa useita laskentanoodeja tai jopa koko palvelin-klusterin (Gunawi ym., 2016).

Pilvipalvelun ominaisuuksien rikkaus vaikuttaa myös osaltaan järjestelmän kompleksisuuden lisääntymiseen. Pilven ohjelmallisesti toteutetut ominaisuudet abstraktoivat tietojenkäsittelyä ja tarjoavat API-kutsujen kautta hallittavia kokonaisuuksia palveluille, kuten IP-osoitteiden hallintaa, virtuaalipalvelinten varmistuksia, kuormantasauksen asetuksia sekä tietoturvan hallintaa (Cotroneo ym., 2019). Perinteisissä tietojärjestelmissä korkea käytettävyys ja vikasietoisuus on ratkaistu yksinkertaisilla varotoimilla, sekä virheen havaitsemis- ja toipumismekanismeilla. Tämän lähtökohtana on yksiselitteinen virhetilanne, jossa tietojärjestelmän komponentti on joko toimintakunnossa tai vikaantuneena. Kompleksimmat, vaikeammin havaittavat ja hiljattain etenevät virheet eivät kuitenkaan ole hallittavissa tällä lähestymistavalla (Huang ym., 2017).

Pilvijärjestelmiä vaivaavat, hitaasti etenevät ja vaikeasti havaittavat virheet ovat yllättäen vahingollisia järjestelmän perinteisen korkeakäytettävyyden kannalta. Pilvipalveluiden taustalla operoivat konesalit hyödyntävät erilaisia korkeakäytettävyysratkaisuja varautuakseen vikaantumiseen. Hitaasti etenevät virheet saattavat kuitenkin johtaa sitä huonompaan palvelutasoon, mitä korkeampi käytettävyys järjestelmällä ja sen eri komponenteilla on olemassa. Yksinkertaistetusti voidaan ajatella, että mitä enemmän virheensietokomponentteja ja esimerkiksi kuormantasauksen päätelaitteita järjestelmällä on, sitä todennäköisemmin jokin näistä kohtaa virhetilanteen (Huang ym., 2017). Hitaasti etenevä virhe pilvipalvelussa voi johtaa hyvin vakaviin virhetilanteisiin, kuten tietojen menettämiseen tai merkittävän pitkään palvelukatsoon (Cotroneo ym., 2019).

Laitteistovirheiden lisäksi yksi yleisiä pilvijärjestelmien palvelukatkojen aiheuttajia ovat konfiguraatiovirheet, eli ohjelmiston tai laitteiston väärät asetukset. Konfiguraatiovirheet ovat haitallisia erityisesti pilvijärjestelmille, koska nämä ovat arkkitehtuuriltaan hajautettuja järjestelmiä joilla voi olla jopa tuhansia noodeja jakamassa laskentakapasiteettia. Esimerkiksi laitteistokonfiguraatiot tehdään yleensä yhdelle päätelaitteelle, josta se monistetaan kaikille muille laitteille. Yksi inhimillinen virhe konfiguraation ylläpitämisessä voi näin ollen johtaa laaja-alaiseen, koko pilvijärjestelmää koskevaan palvelukatsoon. Konfiguraatiovirheiden yleisyys johtuu inhimillisen virheen mahdollisuudesta, yhdistettynä puutteelliseen testaamiseen. Tietojärjestelmän ohjelmistomuutokset käyvät yleensä läpi erilaisia testauksen laadunvarmistuksia ennen muutoksen julkaisua tuotantokäyttöön, esimerkiksi yksikkö- tai regressiotestauksen. Konfiguraatiomuutosten testaaminen on rajoitetumpaa, koska asetusten ylläpitäjillä ei yleensä ole syvällistä ymmärrystä miten nämä vaikuttavat järjestelmän sisäiseen toimintaan. Tämän vuoksi testaaminen voi jäädä vain pintapuoliseksi musta-laatikko testaukseksi, jossa ylläpitäjä vain käynnistää järjestelmän muutoksen jälkeen ja katsoo sen pääasiallisesti toimivan odotetulla tavalla. (Xu ym., 2016.)

Ohjelmistovirheiden yleisimpiä aiheuttajia ovat ohjelmiston logiikassa esiintyvät virheet, eli ohjelmisto ei toimi oikein odotetulla tavalla (Gunawi ym., 2016). Ohjelmistovirheet aiheuttavat palvelukatkoja pilvijärjestelmille, jolloin

palveluntarjoajalla on painetta tuottaa korjaus mahdollisimman nopeasti pitääkseen järjestelmän saatavuuden mahdollisimman korkeana. Ohjelmistovirheen kohdatessa, korjaustapana on joko virheen mitigointi tai virheellisen koodin paikkaaminen. Mitigointi tapahtuu esimerkiksi palauttamalla tuotantokäyttöön ongelmallisen ohjelmakoodin vanhempi versio, tai poistamalla tilapäisesti käytöstä väärin käyttäytyvä toiminto. Mitigointi voi tapahtua myös datatasolla, jolloin siinä keskitytään siivoamaan, palauttamaan tai poistamaan virheen aiheuttavaa dataa. Selvästi ohjelmiston toimintaan, vakioarvoihin tai tietojenkäsittelyyn liittyvät virheet vaativat pääpiirteittäin ohjelmistokoodin muutoksen korjauksen tuottamiseksi (Liu, Lu, Musuwathi & Nath, 2019).

Mittakaavaeduistaan huolimatta pilvijärjestelmät eivät ole immuuneja palvelukatkoille. Päinvastoin, suuren järjestelmäkoon myötä tulee vastaan myös uudenlaiset ongelmat. Vaikka tietojärjestelmän luotettavuutta voidaan parantaa lisäämällä kahdennettujen komponenttien avulla redundanssia, tämän voidaan katsoa myös lisääntyvän vikaantumisen mahdollisuutta. Esimerkiksi noodien lisääminen klusteriin lisää myös todennäköisyyttä virheen kohtaamiselle, ja kohdattu virhe taas tuo mahdollisuuden fataalille, palvelukatkon aiheuttavalle virheelle. Yksi vaikeimpia virhetilanteita pilvijärjestelmille onkin hitaasti eskaloituvat virhetilanteet, joita on vaikea havaita pilvipalvelun pitkälle automatisoiduilla valvonnan ja itsekorjaavilla toimilla. Kuten perinteisissä tietojärjestelmissä, myös pilvijärjestelmien palvelukatkoja aiheuttavat laitteisto- ja ohjelmistoviat sekä inhimilliset virheet. Pilvipalvelun käyttäminen ei siis poista palvelukatkojen mahdollisuutta järjestelmältä, toisaalta palveluntuottajalle on entistä tärkeämpää järjestelmän korkea käytettävyys asiakasmäärän ja pilvipalvelun suuren mittakaavan vuoksi. Nämä tekijät tukevat edelleen tutkimukseni tarvetta modernin organisaation kokonaisvaltaisesta ymmärryksestä tietojärjestelmien palvelukatkoille, sekä näiden juurisyille.

4.3 Palvelukatkojen vaikutuksia organisaatiolle

Tietojärjestelmän palvelukatko vaikuttaa etenkin organisaation käyttäjiin, jotka eivät pysty hyödyntämään järjestelmää päivittäisissä työtehtävissään. Tällä voi olla myös välillisiä vaikutuksia, eli tietojärjestelmän suunnittelematon palvelukatko voi heijastua liiketoiminnan puolelle ja vaikuttaa niin tulovirtoihin kuin asiakkuuksiinkin. Tämän alaluvun aikana perehdyn näihin palvelukatkojen aiheuttamiin eri vaikutuksiin, sekä niihin varautumismekanismiin, joiden avulla voidaan mahdollisesti varautua tai ennaltaehkäistä suunnittelemattomia palvelukatkoja.

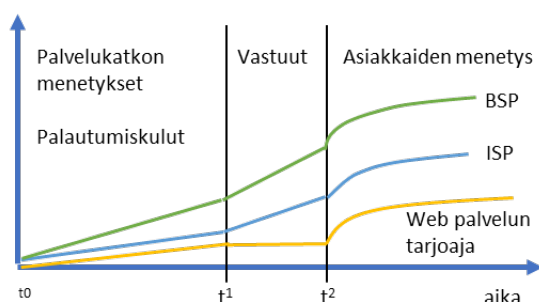
Suunnittelemattomalla katkolla voi olla suoria taloudellisia vaikutuksia, keskimääräisten kustannusten esimerkiksi datakeskusten palvelukatkoille esitetään olevan jopa 300,000 USD jokaista tuntia kohden (Cappuccio, 2013). Palvelukatkoista voi aiheutua organisaatiolle myös eri tyyppistä vahinkoa, jotka konkretisoituvat monin tavoin. Tämä voi olla tuottavuuden menetystä, jos työntekijät eivät pysty hoitamaan tehokkaasti päivittäisiä tehtäviään tietojärjes-

telmän palvelukatkon vuoksi. Palvelukatko voi aiheuttaa myös liikevaihdon menetyksiä. Mikäli tämän vuoksi menetetään suoraan maksavia asiakkaita, tai organisaatio ei pysty vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin palvelukatkon aikana, seuraa tästä taloudellista menetyksiä. Toisaalta palvelukatko voi heijastua myös asiakkaiden menetyksenä, jos osa olemassa olevista asiakkaista lakkauttaa sopimuksensa heikon palvelutason vuoksi (Dübendorfer, Wagner & Plattner, 2004). Seuraukset eivät yleensä ole välittömiä tai yhdestä kerrasta johtuvia. Esimerkiksi asiakkuuden menetys etenee tyypillisesti useampivaiheisena prosessina. Alkuun asiakas pyrkii muodostamaan kokonaiskuvan siitä, mikä osapuoli on syyllinen häiriöön. Seuraavaksi asiakas yleensä pyrkii hyödyntämään teknisiä keinoja kiertotieratkaisuna. Näiden vaiheiden aikana asiakas ei vielä ole hylkäämässä palveluntarjoajaa, mutta häiriötilanteiden toistuesssa tai pitkeytyessä alkaa asiakkaalle muodostua käsitys asiakkuuden päättämisestä. Seuraavat vaiheet etenevät häiriöiden sietämisen kautta palvelun hylkäämiseen, kun asiakas kokee palvelutason liian heikoksi omiin tarpeisiinsa nähden (Tsohou, Siponen & Newman, 2019). Muita palvelukatkojen vahinkovaikutuksia ovat esimerkiksi palvelutasosopimusten rikkomisesta seuraavat kompensatiomaksut, sekä palvelun palautumisesta koituvat kustannukset kuten sisäiset ja ulkoiset henkilöstökulut. Palvelukatosta palautumisesta voi lisäksi aiheutua myös materiaalikustannuksia (Dübendorfer, Wagner & Plattner, 2004).

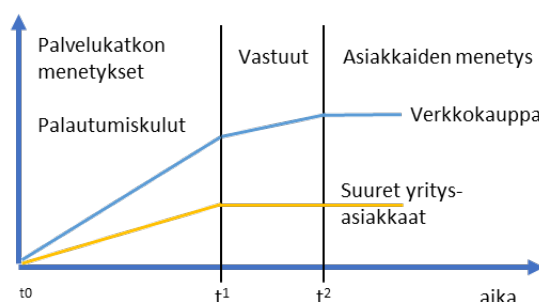
Dübendorfer, Wagner & Plattner (2004) havainnollistavat tutkimuksessaan palvelukatkojen kustannuksia eri skenaarioiden avulla. Nämä skenaariot on mallinnettu verkkohyökkäyksen aiheuttaman suunnittelemattoman palvelukatkon seuraamuksista. Skenaariot on esitelty kuviossa 5. Kuvion aikajanalla palvelukatko alkaa pisteestä t^0 , päättyy pisteessä t^1 , viimeisen pisteen t^2 kuvattaessa aikaa tuntien tai päivien päästä. Skenaario 1 kuvaa palvelukatkon taloudelliset menetykset runkoverkon palveluntarjoajien (Backbone Service Provider, BSP), internet palveluntarjoajien (Internet Service Provider, ISP), sekä web palveluntarjoajan näkökulmasta. Internetpalveluntarjoajat ja web palveluntarjoajat kärsivät lievää haittaa varsinaisen palvelukatkon aikana, mutta vastuutekijät aiheuttavat erityisesti näistä ensimmäiselle nousevia kustannuksia palvelutasosopimusten rikkomisesta seuraavien kompensatiomaksujen vuoksi. Runkoverkon palveluntarjoajan palvelukatkon aikaiset kustannukset kasvavat näistä eniten, lineaarisesti katkon pituuteen nähden. Näiden palveluntarjoajien asiakkaat ovat tyypillisesti sitoutuneet sopimuksessa tietyn ajanjakson käyttöön palvelulle, joten asiakkuuksien menettämisessä voidaan nähdä kasvua kun sopimukset ovat seuraavan kerran uusittavana. Dübendorfer, Wagner & Plattner (2004) esittävät skenaariossa 2 palvelukatkon vaikutuksia verkkokaupalle sekä suurille yritysasiakkaille. Verkkokauppa joka toimii pelkästään verkossa menettää liikevaihtoaan palvelukatkon aikana, asiakkaiden hakeutuessa kilpailijoiden verkkokauppoihin jos nämä ovat käytettävissä. Suurten yritysasiakkaiden liike-toiminta ei sen sijaan ole yleensä pelkän verkkokaupan varassa, joten niiden liikevaihtoon kuvattu palvelukatko ei vaikuta yhtä paljon kuin pelkästään verkkokaupassa operoivaan toimijaan. Liiketoiminnalliselta kannalta tähän skenaarioon ei yleensä liity vastuutekijöitä tai asiakasten menetyksiä. Skenaa-

riossa 3 esitellään vakuutusyhtiön kokemat liiketoiminnalliset vaikutukset samassa tapauksessa. Vakuutusyhtiö joka on vakuuttanut asiakkaan internetuhan tai palveluhäiriön varalta kokevat erityisesti vastuutekijöihin liittyviä kustannuksia, koska nämä joutuvat korvaamaan vakuutusikäytäntöjensä mukaisia korvauksia asiakkailleen. Palvelukatkot aiheuttavat siis taloudellisia menetyksiä monilla eri osa-alueilla, sekä mahdollisesti usealle eri taholle (Dübendorfer, Wagner & Plattner, 2004.)

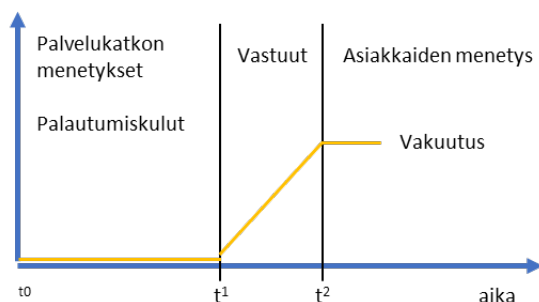
Skenaario 1



Skenaario 2



Skenaario 3



Selite

- t0 Palvelukatko alkaa
- t1 Palvelukatko päättyy
- t2 Tunteja tai päiviä tapahtuman jälkeen

KUVIO 5 Palvelukatkojen aiheuttamia taloudellisia menetyksiä eri skenaarioissa (muokattu lähteestä Dübendorfer, Wagner & Plattner, 2004).

Palvelukattoon voidaan myös varautua, esimerkiksi laatimalla suunnitelma varakäytännöistä, joita noudatetaan palvelukatkon aikana. Esimerkiksi sairaalassa potilastietojärjestelmät ovat hyvin kriittisessä asemassa, jolloin niiden toiminta vaikuttaa myös sairaalan päivittäiseen operaatioon (Larsen, Haubitz, Wernz & Ratwani, 2016). Sairaalaympäristössä hoitajat voivat varautua tulostamalla potilastietoja aina tietyn määrän ennakoon suunnittelemattomien palvelukatkon varalta, mutta tämän lisäksi tulee olla ennalta selvä prosessi tilanteen ajaksi ja siitä toipumiseksi. Sairaalaesimerkissäni tämä tarkoittaisi menetelmiä ja toimintatapoja eri pituisten palvelukatkojen varalle, että palvelukatkon aikana tapahtuneet toimenpiteet voidaan syöttää aukottomasti tietojärjestelmään (Nelson, 2007). Vastaavasti samanlaisia toimia voidaan sairaalaympäristössä hyödyntää myös laboratorion puolella, eli suunnittelemalla ennakoon

prosessi palvelukatkon varalle. Kynän ja paperin tai puhelinsoittojen lisäksi varajärjestely voi pohjautua myös esimerkiksi käsillä olevan aineistojen skannaamiseen ja syöttämiseen toiseen tietojärjestelmään. Sairaalaympäristössä kuitenkin potilastietojen ennalta tulostaminen on yksi selkeä menetelmä palvelukatkon varautumiselle (Oral, Cullen, Diaz, Hod & Kratz, 2015).

Korkean käytettävyyden tietojärjestelmän eri komponenteissa huomioidaan myös redundanssi, vikaantuneet yksiköt saadaan korvattua varalla olevalla yksiköllä, mikä pienentää palvelukatkojen määrää. Komponentteja on näin ollen kahdennettu järjestelmän vikasietoisuuden lisäämiseksi (Smith & Dekker, 1997). Korkean käytettävyyden järjestelmät ovat siis vikasietoisia, mutta eivät kuitenkaan virheettömiä. Ideaalitulanteessa tietojärjestelmän itsensä tulisi olla autonominen, eli oppia tunnistamaan virhetilanteita, muuttaa omaa konfiguraatiotaan ja hoitamaan itse itseään. Korkean käytettävyyden sovellukset vaativat kuitenkin huomiota, erityisesti hyvin suurissa asennuksissa näiden skaalautumisen suhteen. Järjestelmän käyttökelpoisuuden kannalta voidaan katsoa olevan merkittävää, onko tietojärjestelmä *toimiva* vai *hyvin toimiva* (Birman, van Renesse & Vogels, 2004). Kahdentamalla laitteistotason resursseja voidaan siis lisätä järjestelmän vikasietoisuutta, mutta tämän lisäksi tarvitaan myös virheettöntä vikatilanteen palautumisketjua täydentämään virheen havaitsemista ja siitä palautumista. Ketjun tulee tunnistaa tietojärjestelmän häiriötekijä oikein ja aktiivoida vaaditut vararesurssit sitä varten, mikäli ohjelmisto ei itse tätä pysty tunnistamaan niin tilanne eskaloituu myös muihin ohjelmistokerroksiin. Tilanteen tunnistamisen jälkeen tulee myös vikasietoisuuden siirron onnistua ohjelmiston puolelta oikein, että palvelukatkolta voidaan välttyä. Viimekädessä myös varmistusjärjestelmän tulee toimia, että vikasietoisuuden itsessään toimisi (Gunawi ym. 2014).

Suunnittelemattoman palvelukatkon toteutuminen on organisaatiolle varsin ei-toivottu asia, jolla voi olla mielipahan vuoksi myös varsin konkreettisia vaikutuksia yritystoimintaan. Palvelukatkon kokevan tietojärjestelmän merkityksestä riippuen tällä voi olla erilaisia seurauksia, vaihdellen hyvin vakavista varsin merkityksettömiin. Kriittisessä asemassa olevat tietojärjestelmät, ajatellaan esimerkiksi sairaalan potilasjärjestelmää tai ydinvoimalan ohjausjärjestelmää, kärsivät ilmeisesti akuuteista seurauksista jos nämä kohtaavat suunnittelemattomia palvelukatkoja. Järjestelmästä riippuen tämä voi aiheuttaa organisaatiolle menetyksiä esimerkiksi asiakkuuksina tai ansiomenetyksinä. Koska palvelukatkoilla on selviä vaikutuksia organisaation eri osa-alueille, tulisi näihin varautuminen olla järjestetty asianmukaisella tavalla.

5 TUTKIMUKSIA TIETOJÄRJESTELMIEN PALVELUKATKOISTA

Kuten edeltävissä luvuissa olen selvittänyt, tietojärjestelmien palvelukatkot ovat selkeitä häirtatekijöitä organisaatioille, jotka pyrkivät hyödyntämään järjestelmiä toimintansa tukena. Tästä syystä aihepiiristä löytyy myös aiempia akateemisia tutkimuksia, joskin niiden näkökulma on ollut hieman erilainen kuin tässä tutkimuksessa. Esimerkiksi tätä edeltävät tutkimukset ovat hankkineet aineistonsa julkisista lähteistä, kuten uutisista, tai ne ovat keskittyneet tutkimaan vain yhtä spesifistä tietojärjestelmää sen kohtaamien palvelukatkojen suhteen. Tämän luvun tarkoituksena on käydä läpi tärkeimpiä aiempia tutkimuksia palvelukatkojen aiheuttavista tekijöistä, sekä muodostaa tämän perusteella synteesi palvelukatkojen aiheuttajista.

Gunawi ym. (2014) tutkivat erityisesti pilvipalveluiden kohtaamia palvelukatkoja, perehtymällä näiden julkisesti saatavilla oleviin lähteisiin kuten uutisartikkeleihin ja jälkiselvitysraportteihin. Tutkijat perehtyivät suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyihin, vaikutuksiin, kestoon sekä vaikutuksiin. Tutkimus auttoi selvittämään modernien pilvipalveluiden saatavuutta ja tarjoamaan vastauksia siihen, miksi palvelukatkoja tapahtuu myös korkean käytettävyyden järjestelmissä. Artikkelissa luokiteltiin palvelukatkojen juurisyiden aiheuttajat kahteentoista eri kategoriaan (Gunawi ym., 2016). Enriquez, Brown & Patterson (2002) taas tutkivat palvelukatkoja perehtymällä puhelinverkossa raportoituihin suunnittelemattomiin katkoihin. Puhelinverkot ovat suuria, hajautettuja ja monimutkaisia järjestelmiä, joille on asetettu tiettyjä toimivuustakuita. Puhelinverkon palvelukatkoja voi tutkijoiden mukaan siten peilata myös tietojärjestelmiin. Tutkimus perehtyi puhelinverkkojen virhetilanteiden raportointimetodologiaan, peilaten sen kautta palvelukatkojen yleisimpiä aiheuttajia. Tämä tutkimus luokitteli palvelukatkojen aiheuttajat seitsemään eri kategoriaan (Enriquez, Brown & Patterson, 2002).

Pertet & Narasimhan (2005) tekivät oman tutkimuksensa keskittyen web-sovellusten kohtaamiin virhetilanteisiin ja suunnittelemattomiin palvelukatkoihin. Tutkimuksen aineisto kerättiin julkisista lähteistä, ennen kaikkea eri uutis sivustoilta. Tässä tutkimuksessa suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheut-

tajat jaoteltiin kolmeen pääkategoriaan, jotka sisältävät yhteensä yksitoista eri juurisyytä palvelukatkon aiheuttajalle. Tutkimus ei siis päässyt käsiksi varsinaisiin organisaation sisäisiin virheilmoituksiin ja niiden todellisiin ratkaisuihin, vaan se keskittyi luokitteluun uutisissa käsitellyä tietoa. Valtaosa virhetilanteista syntyi inhimillisistä virheistä, kun operaattori on joko unohtanut tehdä jotain, toimintamenetelmät ovat olleet epäselviä ja puutteellisia, tai virhe on aiheutunut varmistuksista tai tietoturvauhasta (Perttet & Narasimhan, 2005). Liu ym. (2019) tutkivat pilvijärjestelmien kohtaamia palvelukatkoja, perehtymällä Microsoft Azure pilvipalvelun kohtaamiin virhetilanteisiin. Tutkimus keskittyi erityisesti ohjelmistovirheiden tunnistamiseen ja luokitteluun, perehtymällä Azuren raportoituihin virhetilanteisiin ja näistä kirjattuihin ratkaisuihin. Kyseisessä tutkimuksessa on siis lähestytty hyvin spesifistä näkökulmasta aihepiiriä keskittymällä pilvijärjestelmien ohjelmistovirheisiin, joten se ei varsinaisesti kata useimpia tietojärjestelmän eri osa-alueita. Tutkimus kuitenkin tunnisti viisi eri kategoriaa ohjelmistovirheiden aiheuttajiksi, joiden se esitti olevan tyypillisiä juurisyytä pilvijärjestelmien palvelukatkoille (Liu ym., 2019).

Oppenheimer, Ganapathi & Patterson (2003) tutkivat suurten palveluntarjoajien tietojärjestelmien palvelukatkoja, perehtymällä suurten 24x7 käytettävissä olevien järjestelmien kohtaamiin häiriötilanteisiin. Tutkimus keräsi virhetilanteiden raportteja ja analysoi niiden aiheuttajia sekä virhetilanteen korjaamiseksi tehtyjä toimenpiteitä. Tässä monipuolisessa tutkimuksessa selvitettiin eri juurisyytä ja virhetilanteiden aiheuttajia, tietojärjestelmän palvelukatkojen aiheuttajiksi luokiteltiin viisi erilaista aiheuttavaa tekijää (Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003).

Nämä tutkimukset kartoittivat kaikki suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheuttajia, ja tarjoavat omasta näkökulmastaan kategoriointia tähän. Tutkimusten aihepiiri vaihteli hieman: Gunawi ym. (2014) ja Liu ym. (2019) tutkivat pilvijärjestelmien kohtaamia palvelukatkoja. Oppenheimer, Ganapathi & Patterson (2003) keskittyivät suurten palveluntarjoajien tietojärjestelmiin, tutkien eri Internet portaalien, kuten MSN, Google ja Yahoo, kohtaamia palvelukatkoja. Nykykäsitteiden vallitessa myös nämä voidaan luokitella pilvijärjestelmiksi. Enriquez, Brown & Patterson (2002) taas perehtyivät puhelinverkkojen palvelukatkoihin. Luonteenpiirteensä vuoksi myös nämä voidaan rinnastaa nykyisiin pilvijärjestelmiin, koska puhelinverkot ovat suuria, hajautettuja tietojärjestelmiä joiden asiakkaat käyttävät palvelua hyödykkeenomaisesti. Perttet & Narasimhan (2005) taas tutkivat web-sovellusten virhetilanteita ja palvelukatkoja, keskittyen suurten toimijoiden julkisiin järjestelmiin, kuten Amazon, MSN, Hotmail ja eBay. Luonteenpiirteidensä puolesta nämä tutkimukset ovat lähestyneet ennen kaikkea julkisesti saatavilla olevia Internet-portaaleja ja pilvijärjestelmiä, jotka edustavat vain osaa siitä tietojärjestelmäkirjosta, mitä eri organisaatiot hyödyntävät omassa toiminnassaan. Nykyaikaisten organisaatioiden palvelukatalogeihin kuuluu näiden lisäksi myös vain organisaation omassa käytössä olevia valmisohjelmistoja, itsetoteutettuja sovelluksia sekä tiettyyn tarpeeseen räätälöityjä ohjelmistoratkaisuja (ks. esim. Rader, 2012; Kambil, 2009). Tämä motivoi tutkimukseni tarvetta, tutkia kokonaisvaltaisesti organi-

saatioiden eri tietojärjestelmissä kohdattuja suunnittelemattomia palvelukatkoja, sekä peilata niiden juurisyiden aiheuttajia aiemmissä tutkimuksissa havaittuihin tekijöihin.

Tutkimusaineiston kannalta osa tässä esitellyistä aiemmista tutkimuksista on kerännyt käsittelemäänsä aineiston ennen kaikkea yleisesti saatavilla olevista lähteistä, kuten uutisista (Gunawi ym., 2016; Pertet & Narasimhan, 2005). Menetelmän heikkoutena on sen rajoittuneisuus, koska uutislähteisiin päätyy vain näkyvimmit palvelukatkot. Lisäksi näin julkistettu tieto ei käsittele kattavasti palvelukatkon perimmäisiä syitä ja vaikutuksia, esimerkiksi Gunawin ym. (2014) keräämästä tutkimusainestosta 69 %:a sisälsi tietoa suunnittelemattoman palvelukatkon kestosta. Osa tutkimuksista taas pohjasi aineistonsa tietojärjestelmän käyttäjien raportoimiin virhetilanteisiin, joka oli laaja-alaisempaa ja tarkempaa virhesisältöjen kuvausten kannalta (Liu ym., 2019; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003)

Edellä käsiteltyjen tutkimusten esittämiä kategorointeja palvelukatojen aiheuttajille on esitelty taulukossa 2.

TAULUKKO 2 Aiempien akateemisten tutkimusten kategorisointia palvelukatojen aiheuttajille

Artikkeli	Palvelukatojen keskeisimmät aiheuttajat
Gunawi ym., 2016	Ohjelmistovirheet, laitteisto, konfiguraatiot, ihmiset, kuormitus, verkko, tallennustila, tietoturva, palvelin, päivitys, ristiriippuvuudet, luonnon onnettomuudet, tunnistamattomat
Enriquez, Brown & Patterson, 2002	Laitteistovirheet, vandalismi, ohjelmistovirheet, ylikuormitus, luonnonvoimat, yrityksen sisäinen henkilöstö, ulkopuoliset ihmiset
Pertet & Narasimhan, 2005	Resurssien loppuminen, järjestelmän ylikuormitus, looginen virhe, palauttamisen ohjeistus, epäonnistunut ohjelmistopäivitys, virheelliset toimintatavat, konfiguraatiovirheet, inhimilliset vahingot, laitteistovirheet, ympäristön virhetilanteet, tietoturvavirheet
Liu ym., 2019	Datan muoto, virhetilanne, ajoitus, kovakoodatut arvot, muut ohjelmistovirheet
Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003	Operaattorivirheet, laitteistovirheet, ohjelmistovirheet, verkkovirheet, tuntemattomat tekijät

Näiden artikkelien pohjalta on muodostettu synteesi, joka yhdistää artikkeleissa käsitellyt kategoriat ja luokittelee palvelukatojen todennäköisimmät juurisyöt tämän perusteella. Juurisyiden kategoriat on tunnistettu yleisimpien tutkimuksissa esiintyneiden tekijöiden mukaan, näiden luonteenpiirteet on kuvattu ja kutakin kategoriaa tukevat artikkelit viitattu. Synteesi on esitelty seuraavassa taulukossa 3. Tämän luokittelun perusteella voidaan tunnistaa yleisimmät ka-

tegoriat suunnittele mattomien palvelukatkojen aiheuttajille, joita on tunnistettu akateemisissa tutkimuksissa.

TAULUKKO 3 Synteesi suunnittele mattomien palvelukatkojen aiheuttajista

Juurisyys	Kuvaus	Artikkelit
Ohjelmistovirheet	Virhe ohjelmiston toiminnassa, ohjelmistobugi	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003
Konfiguraatiot	Ohjelmistokonfiguraation väärt asetukset	Gunawi ym., 2016; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003
Inhimilliset virheet	Ihmisten aiheuttamat inhimilliset virheet, kuten väärän komennon syöttäminen järjestelmän operoimisessa tai jonkin asian unohtaminen	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; ; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003
Ylikuormitus	Suuri käyttäjäkuormitus tai odottamaton kuormituspiikki	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005
Verkko	Verkkolaitteiden tai ohjelmistojen toimintahäiriö	Gunawi ym., 2016; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003

Tallennustila	Tallennusratkaisun toimimattomuus tai tilan loppuminen	Gunawi ym., 2016
Tietoturva	Haitalliset ja tietoisesti aiheutetut tietoturvauhat, kuten DDoS-hyökkäykset	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005
Laitteisto	Yleiset virheet liittyen palvelimiin tai laitteistoon	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003
Päivitys	Laitteistoon tai ohjelmistoon huoltotoimena tehty päivitys, joka aiheuttanut virhetilanteen	Gunawi ym., 2016; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019
Ristiriippuvuudet	Katko toisessa palvelussa, jonka toimintaan on riippuvuus	Gunawi ym., 2016; Liu ym., 2019
Luonnononnettomuudet	Ulkoiset tekijät ja luonnononnettomuudet, kuten salamaiskut	Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005
Virta	Häiriö sähköjakaussuunnitelmassa tai laitteiston virransaannissa, esimerkiksi sähkölinjan katkeaminen tai ongelma varavirralla siirtymisessä	Gunawi ym., 2016
Palautumisen ohjeet	Ennalta sovitut toimintatavat virhetilanteesta palautumiselle	Pertet & Narasimhan, 2005
Tunnistamattomat	Ilman selkeää syytä tapahtuneet katkot, joille ei ole tunnistettu tai kirjattu juurisyytä	Gunawi ym., 2016; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003

Synteesi tunnistaa kolmesta eri kategorialla palvelukatkoille, sekä sisällyttää tunnistamattomat tekijät tämän lisäksi omana luokittelunaan. Tätä luokittelumallia tullaan seuraavaksi hyödyntämään tämän tutkimuksen empiirisessä osiossa, pyrkien validoimaan sen kategorioinnin osuvuutta.

Aiemmissa palvelukatkojen aiheuttajiin perehtyneissä tutkimuksissa on siis havaittu melko samansuuntaisia tekijöitä, joiden on tunnistettu olevan juu-

risyyinä häiriötilanteelle. Nämä tutkimukset ovat lähestyneet aihepiiriä omista tulokulmistaan, keskittyen niin pilvijärjestelmiin, Internet-portaaleihin kuin organisaation itse toteutettuihin web-sovelluksiin. Tietojärjestelmien eroavaisuuksista huolimatta samat tekijät toistuivat eri tutkimuksissa. Esimerkiksi ohjelmistovirheet, ihmisten tekemät inhimilliset virheet, laitteistoviat sekä virheelliset konfiguraatiot esiintyivät lähes kaikissa tässä esitellyissä tutkimuksissa palvelukatkon yhtenä potentiaalisena juurisyynä.

6 EMPIIRINEN TUTKIMUS PALVELUKATKOISTA

Palvelukatkot aiheutuvat yleensä tietojärjestelmän virheestä, jossa järjestelmä ei toimi oikein tai halutulla tavalla. Virheet taas päätyvät tuotantoympäristöön esimerkiksi siitä syystä, että laadunhallinnalliset menetelmät palveluiden hallinnassa on sivuutettu, tai niitä ei ole ollut käytössä. Laadunhallinnalla tavoitellaan mahdollisimman vähävirheistä toteutusta tietojärjestelmälle, tätä hyödynnetään niin tietojärjestelmää kehitettäessä kuin muutostenhallinnassa. Tyypillisesti laadunhallintaa edistetään esimerkiksi testaamisella, jossa muutokset ja järjestelmän toiminnot testataan järjestelmän odotetun toiminnan varmistamiseksi.

Koska laadunhallinnan puutteet ovat yleisimpiä syitä tietojärjestelmän laatuongelmille (Vartiainen & Siponen, 2012), tulisi tähän ongelmaan kiinnittää erityistä huomiota organisaation IT-palvelutuotannossa. Ghanbarin ym. (2018) mukaan näitä jätetään kuitenkin käytännössä tietoisesti huomiotta, koska julkaisuaikataulu koetaan tärkeämmäksi kuin esimerkiksi laadukas testaaminen. IT-palvelutuotannon parhaina käytäntöinä on siis varmistaa laadunhallintaa ja esimerkiksi huolehtia että ohjelmistokehitykseen on varattu riittävästi testausresursseja. Näitä parhaita käytäntöjä jätetään jopa tietoisesti noudattamatta, mikä johtaa tietojärjestelmän virhetilanteisiin. Schermannin ym. (2016) varmuus-velositeettimalliin peilaten, nopea julkaisutahti yhdistettynä heikkoon laadunhallintaan tuottaa vain hyvin heikkolaatuisia julkaisuja. Tässä suhteessa on hyvin paradoksaalista, miksi laadunhallinta ja parhaat käytännöt sivuutetaan. Tämän sivuuttamisen kuitenkin tiedetään tuottavan virheitä ja heikkolaatuisia järjestelmiä, joiden korjaamisesta taas seuraa lisää työtä ja kustannuksia.

Tämä tutkimus perehtyy useiden eri organisaatioiden tosielämän palvelukatkoja, jotka ovat tapahtuneet tuotannollisille tietojärjestelmille. Tässä mielessä se on hyvin reaaliaikailmaa kuvaava, koska kerätty aineisto on kuvaus aidosti koetuista palvelukatkoista joilla on ollut käyttäjien kannalta vaikutuksia näiden tietojärjestelmien saatavuuteen.

6.1 Tutkimusmetodin valinta

Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä on niissä tapauksissa erityisen soveltuva, jos halutaan tutkia yksityiskohtia tapahtumista ja näiden rakenteesta, tai syy-seuraussuhdetta sellaisista tapauksista joita ei voida kokeen kautta tutkia (Metsämuuronen, 2009; Syrjälä, 1994). Kvalitatiivisella tutkimuksella on erilaisia ominaispiirteitä keskeisiin tutkimusmetodeihin nähden, verrattuna kvantitatiiviseen tutkimukseen. Esimerkiksi havainnointi pyrkii kvalitatiivisessa tutkimuksessa ymmärtämään toista kulttuuria, kun taas kvantitatiivisessa tutkimuksessa havainnointi on enemmän alustavaa tutkimustyötä, esimerkiksi tutkimuslomakkeen perustaksi. Vastaavasti tekstianalyysissä kvalitatiivinen tutkimus pyrkii ymmärtämään kulttuurin jäsenten kategorioita, siinä missä kvantitatiivisessa tutkimuksessa tutkija laskee itse asettamiaan kategorioita (Silverman, 1993; Metsämuuronen, 2009).

Edellä esitettyyn perustuen valitsin tutkimusmenetelmäksi kvalitatiivisen tutkimuksen, koska sen avulla voidaan ymmärtää palvelukatkojen yksityiskohtia ilmiönä sekä näiden mahdollisia syy-seuraussuhteita. Tutkimusmenetelmän ominaispiirteet puoltavat myös laadullisen tutkimuksen valintaa, koska tarkoitus on perehtyä jo tapahtuneisiin palvelukatkoihin sekä tutkia organisaatioiden tuottamaa dokumentaatiota ja kategoriointia näille.

Tietojärjestelmien tutkimisessa tapaustutkimus on kaikkein yleisin laadullinen tutkimusmenetelmä (Darke, Shanks & Broadbent, 1998). Tapaustutkimus on suositeltava tapa, kun halutaan selvittää tosielämän ilmiöitä, erityisesti sellaisia, joiden esiintymiseen tutkijalla on vähän vaikutusvaltaa. Tapaustutkimus on menetelmänä myös hyvä vastaamaan "mitä" ja "miksi" pohjaisiin kysymyksiin (Yin, 2009). Tapaustutkimus voi pitää sisällään useamman kuin yhden tutkittavan tapauksen, tällöin puhutaan monitapaustutkimuksesta. Tyypillisesti monitapaustutkimus kattaa noin 4-10 eri tapauksen tutkimista (Yin, 2009; Eisenhardt, 1989). Monitapaustutkimuksen etuna on sen läpileikkaava luonne, kun kyse on yleisestä ilmiöstä. Vastaavasti yksittäinen tapaustutkimus sopii parhaiten harvinaisten ja epätavallisten ilmiöiden selvittämiseen (Herriott & Firestone, 1983; Yin, 2009).

Luonteensa puolesta tapaustutkimus soveltuu erittäin hyvin tämän tutkimuksen laadulliseksi menetelmäksi, koska kyseessä on tietojärjestelmiin liittyvä laaja-alainen tosielämän ilmiö, jota tutkijana en pysty toistamaan koeolosuhteissa. Monitapaustutkimus taas valikoitui loppukädessä käytetyksi tarkemmaksi menetelmäksi, koska palvelukatkot koskettavat monia eri organisaatioita eivätkä ne ole harvinaisia tai muutoin epätavallisia. Tutkijalta monitapaustutkimus voi vaatia huomattavasti enemmän resursseja (Yin, 2009), mutta näen tämä perusteltuna koska sen avulla pystyn paremmin läpileikkaamaan palvelukatoja ilmiönä. Aiempi tutkimuskirjallisuus ohjaa myös kääntymään monitapaustut-

kimuksen puoleen menetelmänä, koska tätä on menestyksekkäästi hyödynnetty samankaltaisten ilmiöiden tutkimisessa (ks. esim. Gunawi ym., 2016).

Haastattelut ovat yksi yleisimmistä muodoista tietojärjestelmien tutkimisessa, aineiston keruun muotona haastattelut ovat tehokkaita selvittämään yksilöllisiä vaatimuksia tietojärjestelmästä, sekä erilaisia käytöstapoja tai teknologian vaikutuksia (Williamson, 2018). Haastatteluissa on tunnistettuja ongelmakohtia, joita voivat olla mm. haastattelutilanteen keinotekoisuus, luottamuksen puute, kiire, sekä korkea-arvoisten haastateltavien mahdollisesti puolueelliset näkemykset (Myers & Newman, 2007). Organisaatioilta kerätyt dokumentit ovat yksi yleisimpiä laadullisen tutkimuksen aineiston keräämisen menetelmiä (Bowen, 2009). Tiedonkeruussa voidaan hyödyntää arkistoituja aineistoja. Arkistot sisältävät monesti laajoja aineistoja, joita voi hyödyntää tehokkaasti tutkimuksessa (Walliman, 2006). Arkistoidut aineistot nähdään monesti sekundäärisenä datana, mutta näiden sisältämän laajan empiirisen materiaalin vuoksi tätä voidaan soveltuviissa tutkimuksissa käyttää myös primäärisenä tiedonkeruun lähteenä (Fischer & Parmentier, 2010).

Tähän pohjautuen valitsin tiedonkeruumenetelmäksi arkistoidun aineiston keräämisen. Vaihtoehtoisesti tiedonkeruun olisi voinut toteuttaa haastatteluina, mutta tämä olisi todennäköisesti tuottanut suppeamman otannan tapahtuneista palvelukatkoista. Haastattelutulokset menneistä palvelukatkoista olisivat olleet subjektiivisten muistikuvien varassa, sekä mahdollisesti muutoinkin puolueellisia. Koska moni organisaatio kerää omissa sisäisissä prosesseissaan suuret määrät tietoa palvelukatkoista ja virhetilanteista omiin tietointijärjestelmiinsä, syntyy tästä hyvin kattava ja tarkasti dokumentoitu arkisto menneistä tapahtumista. Keräämällä tätä dataa useammalta organisaatiolta monitapaustutkimusta varten, saadaan aikaiseksi hyvin kattava ja monipuolinen aineisto tosielämän palvelukatkoista ja näiden aiheuttajista. Tutkimusta varten saatiin viideltä eri organisaatiolta arkistotiedot kaikista vuoden 2019 aikana tapahtuneista tietojärjestelmien palvelukatkoista. Vuoden aikaväli antoi kuvaavan otannan organisaation kohtaamista virhetilanteista, usean eri organisaation mukaan saaminen taas tuotti monipuolisen aineiston tutkimuskysymyksilleni ja mahdollisti näiden todellisen läpileikkauksen.

6.2 Aineiston analysointi

Kerätty aineisto pitää luonnollisesti myös analysoida jollain tavalla, että siitä voidaan tehdä luotettavasti johtopäätöksiä. Tässä luvussa käyn tiivistetysti läpi miten oma tutkimusainestoni analysoitiin, sekä käsittelen yleisesti eri tapoja laadullisen tutkimuksen aineiston analysoinnissa.

Kvalitatiivisessa tutkimuksessa kerätty aineisto voidaan analysoida eri tavoilla, usein riippuen myös miten aineisto on kerätty. Dokumenttianalyysi on yksi systemaattisen arvioinnin menetelmistä, jonka avulla voidaan analysoida sähköistä tai painettua materiaalia. Dokumenttianalyysin tavoitteena on tulkitä ja arvioida dataa, että voidaan saavuttaa ymmärrystä sen sisällöstä, johtaa

tarkoitusta ja luoda empiiristä tietoa. Nämä dokumentit pitävät sisällään tietoa, jotka on kirjattu ilman tutkijan omaa osallistumista tallentamisprosessiin (Bowen, 2009; Corbin & Strauss, 2008). Aineiston koodaaminen on hyvin yleinen lähestymistapa laadullisen aineiston analysoinnissa. Koodaamisella tarkoitetaan aineiston systematisointia ja merkitsemistä, tämän voi toteuttaa manuaalisesti esimerkiksi paperia ja värillisiä merkintäkyniä käyttämällä tai Exceltyökirjaan merkitsemällä, vaihtoehtoisesti tutkija voi käyttää myös laadullisen aineiston analysointiohjelmistoa joka automatisoi tätä työtä. Manuaalisessa koodaamisessa voidaan hyödyntää normaaleja toimisto-ohjelmia, kuten Wordia tai Excelia, joiden avulla tutkija voi esimerkiksi kiinnittää merkkejä tekstiosioille ja luokitella näitä eri teemojen alle. Varsinaisilla analysointiohjelmistot taas ovat erityisesti suunniteltuja laadullisen datan analysointiin, nämä pystyvät järjestämään, koodaamaan ja organisoimaan kerättyä aineistoa ja helpottamaan sen analysointia (Tracey, 2013).

Koodaminen voidaan nähdä avainprosessina, koska se auttaa organisoimaan kerättyä dataa ja aloittamaan sen konseptualisoinnin. Koodaukset voidaan luokitella kokonaisuuksiksi, jolloin datasta saadaan muodostettua oma konsepti. Nämä toimivat teorian muodostamisen perustuksina, joskaan ne eivät itsessään luo omaa teoriaansa (Bryman & Burgess, 2002). Kerätty data järjestään näin siis omiin teemoihin ja kategorioihin, jotka peilaavat tutkimusaineistosta havaittuja kokonaisuuksia. Laadullinen tutkimus pystyy näillä metodeilla kuvaamaan ilmiöitä ja koettuja asioita, painotus on erityisesti sosiaalisen maailman ymmärtämisessä yksilön näkökulmasta. Tutkimuksen luotettavuuden, eli reliabiliteetin, kriteerinä on tunnistaa sekä dokumentoida erilaisia toistuvia asioita. Nämä esitellään esimerkiksi omina teemoina, kuvoina tai maailmankatsomuksena jotka asettuvat inhimilliseen kontekstiin (Labuschagne, 2003).

IT organisaatiot kirjaavat suuria määriä virhetilannekuvauksia – eli insidenttejä – omaan tiketöintijärjestelmään organisaation päivittäisistä häiriötilanteista. Tehokkaasti hallinoidusta tiketöintijärjestelmästä voidaan analysoida esimerkiksi palvelukatkojen aiheuttavia tekijöitä, sekä hyödyntää tätä tietoa palvelun laadun parantamisessa (Messejana, Pereira, Ferreira & Baptista, 2019). Keräämäni laadullinen aineisto koostuu eri organisaatioilta kerättyyn arkistoituihin tietoon, joka edustaa IT palveluiden hallinnan parhaiden käytäntöjen mukaista dokumentaatioaineistoa tietojärjestelmien häiriötilanteista. Kerättyäni itse aineiston mukana olevilta organisaatioilta näiden tiketöintijärjestelmästä, kävin ensin läpi niiden sisällöllisen laadun. Jokainen insidentti tarkastettiin sen sisällöllisen kattavuuden kannalta ja aineiston riittävyden kannalta. Insidentteistä varmistettiin että niiden ratkaisukuvaukset olivat riittävän kuvaavia. Puutteelliset osat joista ei voitu tulkita palvelukatkon aiheuttajaa, pyrittiin varmistamaan organisaation edustajalta. Jos puutteellisia tietoja ei pystytty jälkikäteen täydentämään, jätettiin se pois lopullisesta aineistosta. Samalla aineisto tarkistettiin myös selkeiden virheiden varalta, esimerkiksi väärin luokitellut, aiheettomaksi osoittautuneet tai kahteen kertaan kirjatut insidentit poistettiin myös aineistosta.

Varsinaiseen analysointiin hyödynsin luvussa 5 syntetisoimaani kategoriointia suunnittelemattomille palvelukatkoille. Jokainen insidentti koodattiin parhaiten soveltuvan kategorian mukaisesti. Mikäli koodaamisessa olisi todettu tarvetta uusille kategorioille, olisi niitä otettu tarpeen mukaan lisää käyttöön. Koodauksen pohjalta aineisto teemoiteltiin, jolla tavoiteltiin yhteisten teemojen tunnistamista vastatakseen asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Aineisto taulukoitiin Exceliin, jota käytetään tietokoneavusteisena aineiston analysoinnin työkaluna.

7 TUTKIMUSTULOKSET

Tämä empiirinen tutkimus toteutettiin ottamalla yhteyttä eri organisaatioihin ja tiedustelemalla näiden osallistumishalukkuutta tutkimukseen. Mahdollisia osallistujia kyselin sekä oman verkostoni myötävaikutuksella, että lähestymällä suoraan potentiaalisia yhteistyökumppaneita. Osallistumisen kriteereiksi määrittelin riittävän suuren toimintavolyymien, eli organisaatiossa täytyi olla yli viisisataa sisäistä käyttäjää tietojärjestelmille sekä toimintaa useassa eri toimipisteessä vähintään valtakunnallisella tasolla. Mittakaavan tavoitteena oli keskittää tutkimuksen fokus moderneihin ja suuriin organisaatioihin, koska olettavasti näiden komplekseista tietojärjestelmistä saadaan kerättyä enemmän tutkimusaineistoa kuin pieniltä organisaatioilta.

Tutkimukseen osallistuneet eri organisaatiot edustivat sekä eri kokoluokkaa, eri toimialoja, että erilaisia kainsainvälisyyden asteita. Organisaatiot olivat sekä julkishallinnon toimijoita, että yritysmaailman edustajia. Yrityksissä oli mukana niin julkisesti noteerattuja pörssiyhtiöitä, kuin listaamattomia yrityksiä. Kaikille osallistujille oli kuitenkin yhdistävänä tekijänä verrattain suuri kokoluokka, jokaisen organisaation työntekijämäärä laskettiin tuhansissa ja käytännössä kaikki toimivat vähintään jossain määrin kainsainvälisesti, osa jopa globaalisti ydintoiminnassaan. Jokainen organisaatioista täytti esimerkiksi kirjanpitolain (1997) määrittelemät suuryrityksen tunnuspiirteet. Tästä huolimatta organisaatioiden koolla ja toimintavolyymeilla oli selvää eroa, jonka vuoksi esitelen alla olevassa taulukossa 4 näiden keskinäistä kokoeroa karkeasti arvioituna. Organisaatioiden tietojärjestelmien kompleksisuutta pyrin myös arvioimaan pintapuolisesti organisaatioiden edustajien kanssa, käymällä läpi karkealla tasolla miten monen eri toimittajan kanssa organisaatio toimi, miten monessa datakeskuksessa tietojärjestelmiä operoitiin sekä ylipäätänsä kuinka monta eri järjestelmää organisaatio hyödynsi ydintoiminnassaan. Tämä näkökulma karotettiin ennen kaikkea taustatietojen kannalta, eikä niinkään systemaattisella tieteellisellä tutkimuksella. Tutkimukseen osallistuneiden organisaatioiden ydintiedot on esitelty anonymisoidusti alla olevassa taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Tutkimukseen osallistuneiden organisaatioiden taustatiedot

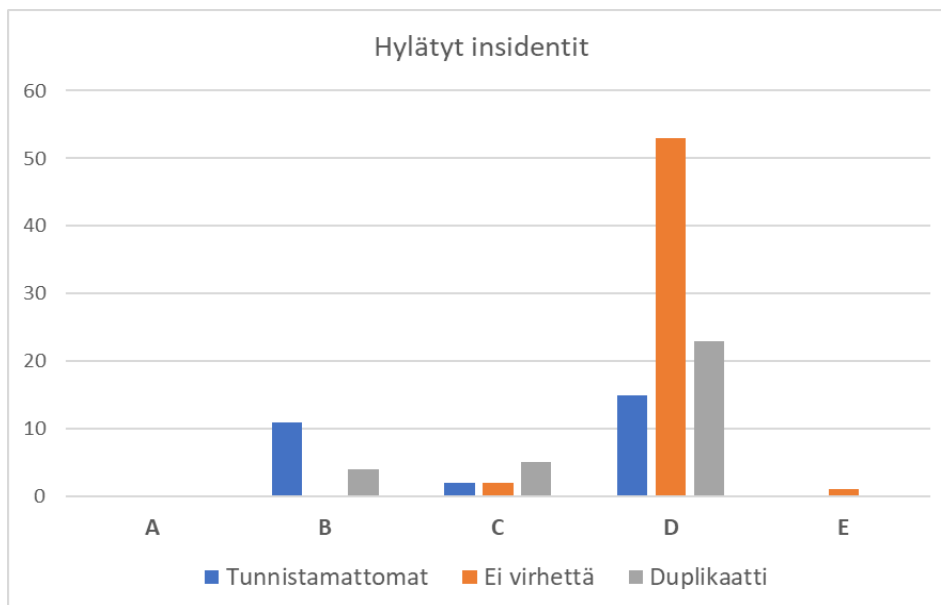
Organisaatio	A	B	C	D	E
Toimiala	Teollisuus	Julkishallinto	Teollisuus	Julkishallinto	Teollisuus
Koko	Hyvin suuri	Suuri	Suuri	Keskisuuri	Keskisuuri
Tietojärjestelmien kompleksisuus	Suuri	Keskiverto	Keskiverto	Keskiverto	Pienehkö
Palvelukatkojen määrä	Keskiverto	Suuri	Keskiverto	Keskiverto	Pieni

7.1.1 Kerätty aineisto ja analyysi

Aineistoa varten kerättiin yhteensä 385 insidenttiä (1. virhekuvausta) mukana olleelta viideltä eri organisaatiolta. Osallistujia pyydettiin toimittamaan excel-muodossa lista vuonna 2019 kohdatuista palvelukatkoista. Kriteerinä määriteltiin korkeimman prioriteetin insidentit, joiden kuvauksesta selviäisi mihin järjestelmään virhetilanne kohdistui, miten se ilmeni ja kuinka tilanne lopulta ratkaistiin. Aineisto toimitettiin hyvin kokonaisuutena, jolloin itse organisaatiot eivät karsineet tästä yhtään virhekuvausta oma-aloitteisesti. Ensimmäisessä vaiheessa tutkimusaineiston analysointia kaikki virhekuvaukset käytiin systemaattisesti läpi ja koodattiin luvussa 5 esitellyn synteesin mukaisesti. Aineisto tarkastettiin ja siitä hylättiin ne insidentit, joiden juurisyy oli tunnistamaton, joissa virhettä ei esiintynyt, tai jotka olivat saman virhetilanteen kaksoiskirjauksia eli duplikaatteja. Tunnistamattomat virhetilanteet olivat pääsääntöisesti hetkellisiä häiriöitä, jotka korjaantuivat itsestään ja joiden aiheuttavaa syytä ei siten pystytty määrittelemään. Kuvaus vastaa siis luvun 5 syntetisoinnin määrittämään tunnistamattomien virhetilanteiden kategoriaan. Lopputulosten kannalta tunnistamattomat virheet eivät edusta kiinnostavaa otantaa, joten nämä jätettiin varsinaisen analyysin ulkopuolelle. Insidentit joissa ei havaittu virhettä olivat suurelta osin vääriä hälytyksiä, esimerkiksi automaattivalvonnan itse avaamia insidenttejä. Tähän kategoriaan kuului myös väärin luokiteltuja virhetilanteita, eli virheitä joista ei varsinaisesti aiheutunut useita käyttäjiä koskettanut palvelukatko. Vastaavasti häiriötilanteet joiden oli merkitty ”korjaantuneen itsestään” tai menneen ohi ilman varsinaista korjaustoimenpidettä luokiteltiin tunnistamattomiksi virhetilanteiksi, koska näissä ei voitu vahvistaa katkon johtuneen esimerkiksi ohjelmiston tai muun osa-alueen virheellisestä toiminnasta. Viimeisenä hylättynä kategoriana olivat duplikaatit, eli samasta virhetilanteesta kirjatut useat insidentit.

Tutkimusaineistosta hylätyt 116 insidenttiä antavat kuitenkin mielenkiintoisen näkökulman näiden organisaatioiden IT palveluiden hallintaan. Organisaatiolla D oli selvästi eniten hylättyjä insidenttejä, joka johtui vuonna 2019 käyttöön otetusta tiketöintijärjestelmästä. Tästä syystä organisaation D aineisto

piti sisällään paljon insidenttejä järjestelmän käyttöönoton alkuvaiheelta, joissa ei ollut varsinaista virhettä. Toinen näkökulma hylättyihin insidentteihin on duplikaattien määrässä. Jälleen organisaatiolla D:llä oli selvästi eniten duplikaatteja, mahdollisesti siksi, että tämä otti käyttöönsä otantavuonna uuden tike-
töintijärjestelmän. Organisaatiot A ja B ilmoittivat hyödyntäneensä tike-
töintijärjestelmään yli 10 vuotta päivittäisessä IT palveluiden hallinnassaan, mikä saat-
toi vaikuttaa näiden vähäiseen hylättyjen insidenttien määrään suhteessa orga-
nisaatioiden kokoon ja toimitettuun aineistoon. Esimerkiksi organisaation A
toimittamasta aineistosta ei hylätty yhtään insidenttiä. Hylättyjen insidenttien
määrä on esitelty alla olevassa kuviossa 6.



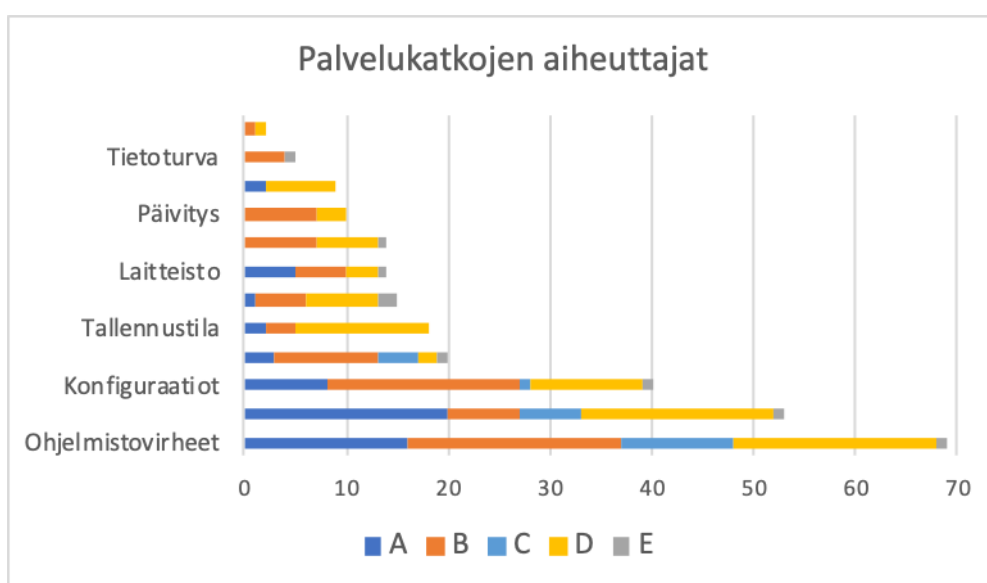
KUVIO 6 Aineistosta hylätyt insidentit ja niiden syyt

Jäljelle jääneet insidentit kategorisoitiin aiemmin esittämäni synteisiin mukaisesti. Luokittelu on esitelty alla olevassa taulukossa 5 organisaatioittain ja palvelukatkokategoriaan peilaten. Analysoidut määrät jakaantuivat kohtuullisen tasaisesti ja osoittivat selkeitä yleisesti havaittavissa olevia tekijöitä palvelukatkojen aiheuttajille, jotka toistuivat eri organisaatioiden välillä.

TAULUKKO 5 Aineiston luokittelemat palvelukatkojen aiheuttajat

	A	B	C	D	E	Yht.
Ohjelmistovirheet	16	21	11	20	1	69
Verkko	20	7	6	19	1	53
Konfiguraatiot	8	19	1	11	1	40
Inhimilliset virheet	3	10	4	2	1	20
Tallennustila	2	3	0	13	0	18
Ylikuormitus	1	5	0	7	2	15
Laitteisto	5	5	0	3	1	14
Ristiriippuvuudet	0	7	0	6	1	14
Päivitys	0	7	0	3	0	10
Virta	2	0	0	7	0	9
Tietoturva	0	4	0	0	1	5
Palautumisen ohjeet	0	1	0	1	0	2
Luonnononnettomuudet	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	57	89	22	92	9	269

Käytännössä kaikkiin tunnistettuihin palvelukatkokategorioihin havaittiin luokittelussa soveltuvia virhetilanteita, paitsi luonnononnettomuuksiin ei löytynyt tässä tutkimuksessa yhtään aiheuttajaa. Tämä ei tietenkään tarkoita, etteikö näitä esiintyisi laajamittaistenkin palvelukatkojen aiheuttajina, mutta tutkimustuloksiin näitä ei päätynt. Kolme yleisintä palvelukatkojen aiheuttajaa olivat ohjelmistovirheet, verkko sekä konfiguraatiovirheet. Nämä pitivät sisällään 162 insidenttiä, eli 60,2 % kaikista havaituista aiheuttajista. Yleiskuvaus palvelukatkojen aiheuttajista ja näiden jakautumisesta tutkittujen organisaatioiden välillä on esitelty kuviossa 7.



KUVIO 7 Palvelukatkojen yleisimmät aiheuttavat tekijät

Aineiston luokittelun jälkeen analyysiä jatkettiin teemoittamalla palvelukatkosten aiheuttajat yhteisten pääryhmien, eli teemojen alle. Tämän tukena hyödynnettiin aineistossa kuvattuja ratkaisuja palvelukatkosten aiheuttajille. Teemoittelun tehtävänä oli peilata palvelukatkosten aiheuttajia IT palvelutuotantoon, voidakseen tunnistaa mahdollisia eri tekijöitä jotka vaikuttavat palvelutuotannon laatuun. Teemoittelun perusteita on käsitelty seuraavissa alaluvuissa, sekä perusteltu selittäviä tekijöitä kunkin kategorian teemoittelulle. Palvelukatkosten kategorisoinnista ja aineistosta johdettu teemoittelu on esitelty taulukossa 6.

TAULUKKO 6 Aineiston pohjalta muodostettu teemoittelu

Teema	Kuvaus	Kategoriat
Infrastrukturi	Perusinfrastruktuurin suunnittelusta ja toteutuksesta johtuvat virhetilanteet, kuten sähköverkon toteutus, laitteistojen kahdennus, vara- ja valmiuslaitteet jne.	Virta Laitteisto Verkko Luonnononnettomuudet
Ohjelmistot	Ohjelmistosta tai sen konfiguraatiosta suoranaisesti aiheutuvat virhetilanteet. Ohjelmiston toimintahäiriöt jotka korjaantuvat uudelleenkäynnistyksellä, sekä ohjelmiston laadunhallinnan puutteiden aiheuttamat virheet.	Ohjelmistovirheet Konfiguraatiot
Muutostenhallinta	Muutostenhallintaprosessista tai sen puutteista aiheutuvat ongelmat, kuten järjestelmäriippuvuuksien laiminlyönti tai puutteellinen testaus muutostilanteissa.	Päivitys Inhimilliset virheet Ristiriippuvuudet
Järjestelmien hallinta	Hallintamallista tai sen puutteesta johtuvat virhetilanteet, kuten järjestelmien valvonta tai virhetilanteista palautuminen.	Palautumisen ohjeet Tietoturva Tallennustila Ylikuormitus

7.1.2 Ohjelmistovirheet

Eniten suunnittelemattomia palvelukatkoja aiheuttivat siis ohjelmistovirheet, jotka olivat 69 insidentin aiheuttajina. Ohjelmistovirheet olivat myös lähes kaikilla osallistuneilla organisaatioilla yleisin palvelukatkojen aiheuttaja, organisaatio A oli tähän ainoa poikkeus. Ohjelmistovirheiksi luokiteltiin palvelukatkon aiheuttaneet tilanteet, jossa virheen todettiin selkeästi johtuvan ohjelmiston virheellisestä toiminnasta. Tällaisia olivat esimerkiksi tuotantojärjestelmässä havaitut virhetilanteet jotka vaativat ohjelmistomuutoksen, tai virhetilanteet jotka korjaantuivat ohjelmiston, palvelimen tai järjestelmän osa-alueen uudelleenkäynnistyksellä.

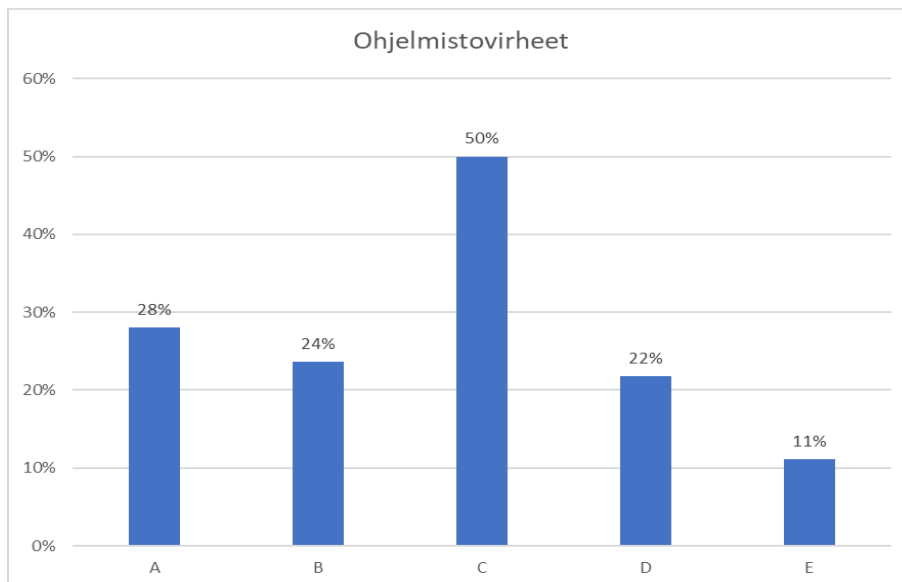
Ohjelmistovirheet kuvasivat siis tilanteita, joissa tietojärjestelmä tai sen osa ei käyttäytynyt toivotulla tavalla. Näiden luokittelun osalta oli myös tiettyjä haasteita, koska jotkin virhetilanteet saattoivat indikoida mahdollista muuta juurisyytä palvelukatkolle. Esimerkiksi insidentit jotka kuvasivat ohjelmistomuutoksen tuotantoonsiirron jälkeen havaittua virheellistä toimintaa joka korjattiin pikaisella ohjelmamuutoksella, olisi voinut periaatteessa aiheutua esimerkiksi inhimillisestä virheestä ohjelmiston muokkauksessa. Mikäli tätä ei kuitenkaan yksiselitteisesti pystytty insidentin ratkaisusta havainnoimaan, luokiteltiin kyseinen palvelukatkon aiheuttaja ohjelmistovirheeksi. Tätä kuvasi esimerkiksi insidentti, jonka ratkaisuna oli *"ongelman aiheutti virhe koodimuutoksessa, ohjelmistoa korjattu ja muutos siirretty tuotantoon"* tai *"viimeaikaisessa aliohjelmamuutoksessa oli väärä ohjelmakoodi. Koodi korjattu ja viety tuotantoon"*. Samaa menetelmää käytettiin luokittelemaan ohjelmistovirheiksi katkoja, jotka korjaantuivat jonkin osa-alueen uudelleenkäynnistyksellä. Tällöin kyseessä nähtiin olevan ohjelmiston virheellinen toiminta. Näiden insidenttien ratkaisussa oli paljon samankaltaisuuksia, kuten *"asiantuntija havaitsi inbound portin olevan virheessä, portti deaktivoitiin ja aktivoitiin uudelleen"* tai *"palvelimen uudelleenkäynnistäminen korjasi ogelman"*. Aineistossa esiintyi myös insidenttejä joissa uudelleenkäynnistystä oli yritetty ilman ratkaisua ja vika löytyi lopulta muualta, nämä luokiteltiin juurisyytensä vastaavaan kategoriaan.

Ohjelmistovirheitä esiintyi varsin tasaisesti tutkimusaineiston sisällä ja organisaatioiden välillä. Teemoittelun suhteen nämä luokiteltiin selkeästi ohjelmisto-teemaan, koska kyseisten virheiden aiheutuminen tietojärjestelmän tuotantokäytössä on ennen kaikkea itse ohjelmistosta aiheutuvaa. Ohjelmistovirheille ei nähty yhtä yleistettävissä olevaa syytä, vaan näitä voi aiheutua useista eri tekijöistä. Aineiston esittämät virheet viittasivat ohjelmistovirheiden olevan organisaatioiden palvelutuotannon kannalta hankalia, koska näiden esiintyminen oli yleistä ja aiheuttavat tekijät moninaisia sekä vaikeasti hallittavia. Koska monessa tapauksessa virhe poistui uudelleenkäynnistyksellä, ei todellista aiheuttavaa tekijää pystytty selvittämään tarkemmin ja myös organisaation oli vaikeampi varautua näiden aiheuttamiin haittoihin. Näin ollen IT palvelutuotannon parantamisen suhteen tähän vaikuttavina asioina voidaan nähdä kuuluvan ohjelmistoon liittyvät tekijät, kuten ohjelmiston laadunhallinta tai tietojärjestelmän tuotantoympäristön monitorointi. Teemana tämä eroa muutostenhal-

linnasta siten, että kyse ei ole pelkästään muutosprosessin hallitsemisesta, vaan erityisesti ohjelmistokomponentteihin liittyvistä tekijöistä. Esimerkiksi laadunhallinnalla voidaan parantaa ohjelmiston toimintavarmuutta, järjestelmän monitoroinnilla taas pystytään havaitsemaan mahdollisia ohjelmistovirheiden esiintymistä tietojärjestelmässä ja näin vähentämään niiden aiheuttamia virhetilanteita.

Ohjelmistovirheiden ollessa yleisin palvelukatkojen aiheuttaja, näiden suhteellinen osuus kaikista juurisista vaihteli hieman organisaatioiden välillä. Organisaatioilla A, B ja D näiden suhteellinen osuus oli lähellä toisiaan, vaihdellen 22-28 %:n välillä. Organisaatiolla C ohjelmistovirheet aiheuttivat peräti 50 %:a palvelukatkoista, mikä oli selvästi suurin yksittäisen tutkimukseen osallistuneen organisaation kokema palvelukatkon aiheuttaja. Organisaatiolla E taas ohjelmistovirheet aiheuttivat 11 %:a koetuista palvelukatkoista, toisaalta tämän organisaation osuus aineistosta oli verrattain pieni.

Palvelukatkon aiheuttaneiden ohjelmistovirheiden suhteellinen määrä on kuvattu alla olevassa kuviossa 8.



KUVIO 8 Ohjelmistovirheiden aiheuttamat palvelukatkot

7.1.3 Verkkovirheet

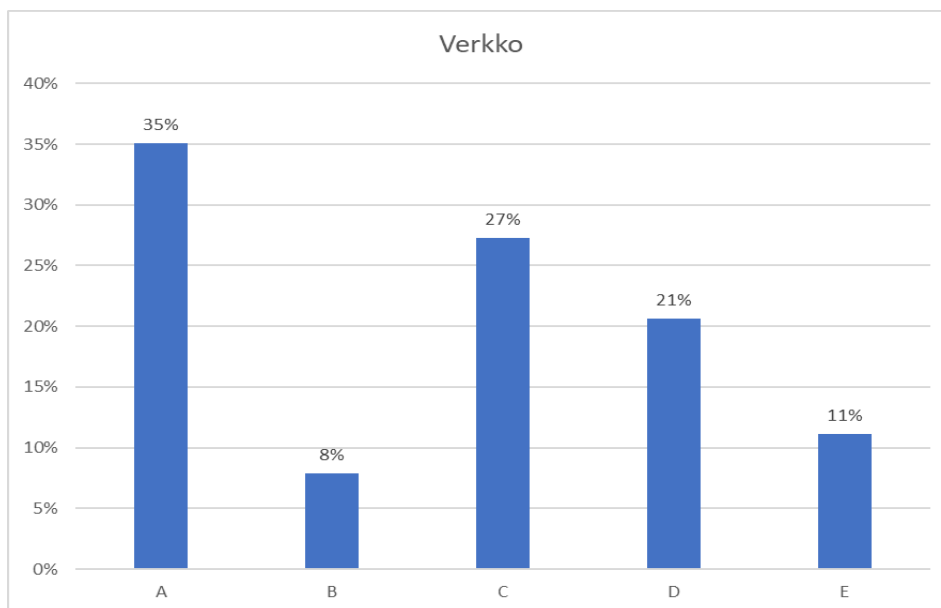
Verkkovirheet olivat myös selvästi kärjessä palvelukatkojen aiheuttajana, 53 insidentin aiheuttavana tekijänä nämä tuottivat noin 19,7 % kaikista tämän tutkimuksen palvelukatkoista. Verkkovirheiden jakautuminen eri organisaatioiden kesken oli hieman vaihtelevaa, organisaatiolla A verkkovirheet olivat kaikkien yleisin palvelukatkojen aiheuttaja ja organisaatiolla D taas verkkovirheet olivat lähes yhtä suuri tekijä kuin ohjelmistovirheet. Verkkovirheiksi luokiteltiin insidenttejä, joiden juurisyynä kuvattiin verkkoon liittyviä asioita, esimer-

kiiksi”*Langaton kontrolleri esti DHCP liikenteen*”, *”Virhe aiheutui reitityksestä”* tai *”verkkohäiriö saatiin ratkaistua”*.

Verkkovirheet olivat luokittelunsa suhteen myös hieman haastavia, koska nämä itsessään ovat omia tietojärjestelmiään jotka koostuvat mm. fyysisestä infrastruktuurista, siinä operoiduista ohjelmistoista ja näiden konfiguraatioista. Näin ollen tietoverkosta johtuvat, mutta hyvin selkeästi johonkin näistä kategoriosta soveltuvat insidentit luokiteltiin asianmukaisesti. Esimerkiksi kun kyseessä oli tietoverkon palvelukatko, mutta insidentin ratkaisusta selvisi tämän johtuneen *”kytkimen väärästä kongiruaatiosta”*, palvelukatko luokiteltiin konfiguraatiovirheeksi eikä verkkovirheeksi. Vastaavasti verkon virhetilanne joka aiheutui rikkoutuneesta verkkolaitteesta ja korjaantui tämän uusimisella luokiteltiin laitteistovirheeksi.

Teemoittelun kannalta verkkovirheiden katsottiin kuuluvan infrastruktuuri-teemaan, koska tietoverkko voidaan luokitella perusinfrastruktuuriin joka on oleellista tietojärjestelmän toiminnan kannalta. Infrastruktuurin olemassaolo on kynnyskysymys järjestelmän saavutettavuuden suhteen; järjestelmä itsessään voi olla täysin virheetön ja toimintavarma, mutta tietoverkon kokiessa palvelukatkoa ei järjestelmän käyttäjillä ole mahdollisuutta päästä käyttämään sitä.

Verkkovirheiden esiintyminen eri organisaatioiden välillä on esitelty kuviossa 9.



KUVIO 9 Verkkovirheiden aiheuttamat palvelukatkot

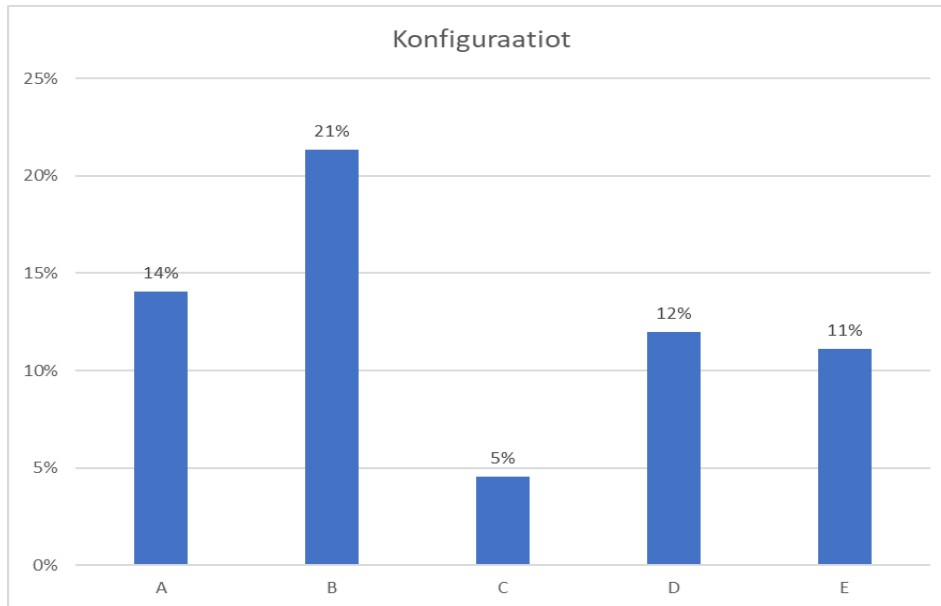
7.1.4 Konfiguraatiovirheet

Seuraavaksi yleisimmän kategorian palvelukatkojen aiheuttajille muodostavat konfiguraatiovirheet. Tämä aiheutti 40 yksittäistä palvelukatkoa ja siten piti

sisällään 14,9 % tämän tutkimuksen kaikista aiheuttavista virhetilanteista. Konfiguraatiovirheiden luokittelu oli jälleen kerran monisyistä, jolloin tähän kategoriaan päätyivät selkeästi ja johdonmukaisesti väärästä konfiguraatiosta aiheutuneet palvelukatkot. Selkeissä tapauksissa tämä oli hyvin johdonmukaista, esimerkiksi insidentit joiden selvitystä kuvattiin *"konfiguroinnit ei olleet vielä kunnossa"* tai *"asetuksia korjattu ja muutokset viety tuotantoon"* olivat yksiselitteisiä konfiguraatiovirheitä ja muodostivat valtaosan tämän kategorian aineistosta. Sen sijaan virhetilanteet, joissa insidentin syyksi oli merkitty konfiguraatiovirhe, mutta jonka kuvauksesta selvisi muu selittävä syy luokiteltiin asianmukaisesti juurisyytä vastaavaan kategoriaan. Esimerkiksi yhdessä insidentissä järjestelmäkonfiguraatiota oli muutettu uusien toimintojen käyttöönottoa varten, mutta muutoksen käyttöönottopäiväksi oli vahingossa asetettu väärä päivämäärä joka oli käyttöönottoa edeltävällä viikolla. Kyseinen konfiguraatiomuutos aiheutti palvelukatkon. Se luokiteltiin kuitenkin inhimilliseksi virheeksi, koska insidentin kuvauksesta pystyttiin havaitsemaan todellinen juurisyy.

Konfiguraatiovirheet teemoiteltiin ohjelmistot-teeman alle, koska nämä liittyvät läheisesti ohjelmistoihin ja niiden toimintaan. Konfiguraatiot muokkaavat ohjelmistoa, ollen oleellinen osa oikein toimivaa kokonaisuutta. Väärin konfiguroitu ohjelmisto voi siten aiheuttaa virhetilanteen, kun sen toiminta poikkeaa odotetusta.

Organisaatioiden kesken vertaillen, konfiguraatiovirheet olivat vahvasti edustettuina organisaation B palvelukatkojen aiheuttajana, jonka kokemista suunnittelemattomista palvelukatkoista tämä aiheutti 21 %:a kokonaisuudesta. Konfiguraatiovirheet olivat toiseksi yleisin syy organisaation B kokemuksi palvelukatkoihin, A:lla kyseessä oli kolmanneksi suurin aiheuttava tekijä ja D:llä neljänneksi suurin tekijä. Organisaatiolla C konfiguraatiovirheitä esiintyi sen sijaan melko vähän, käytännössä vain yksi insidentti tämän organisaation aineistosta luokiteltiin tähän kategoriaan. Konfiguraatiovirheiden suhteellinen osuus näiden organisaatioiden kokemista palvelukatkoista on havainnollistettu kuviossa 10.



KUVIO 10 Konfiguraatioiden aiheuttamat palvelukatkot

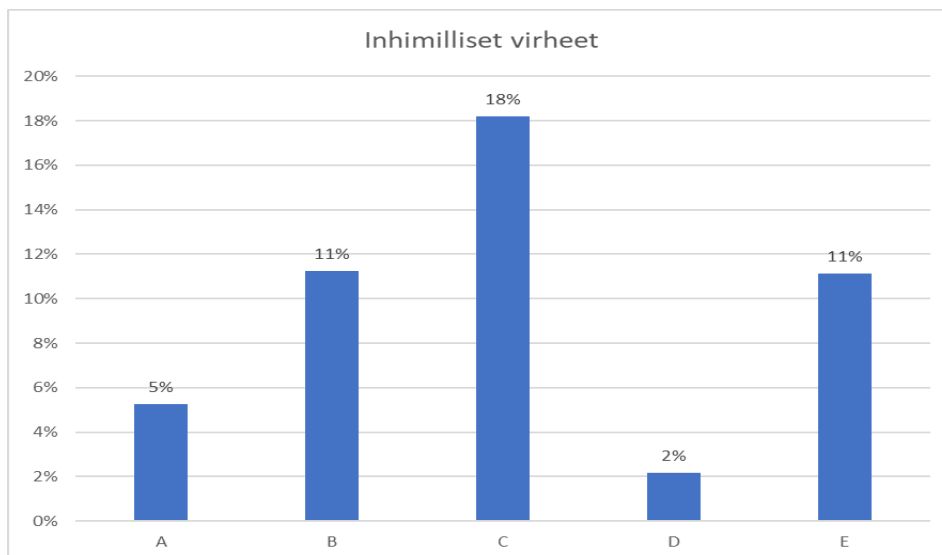
7.1.5 Inhimilliset virheet

Tutkimustuloksissa seuraavaksi yleisin havaittu kategoria palvelukatkojen aiheuttajille olivat inhimilliset virheet, joiden osuus oli 7,4 %:a kaikista palvelukatkoista yhteensä. Kategorian nimensä mukaisesti nämä aiheutuivat vahingoista, erehdyksistä, huolimattomuudesta tai muista inhimillisistä syistä, joiden seurauksena tietojärjestelmä koki suunnittelemtoman palvelukatkon. Aineisto kuvasi näiden aiheuttamia tilanteita varsin värikkäästi, esimerkiksi tähän luokitelluille insidenteille oli kirjattu syiksi mm. *"Eilen säädetitin testiä ja meni väärään putkeen asennus. Eli asennettiin jo tuotantoon, kun olisi pitänyt testiin"*, *"Tuotantotietokanta tuhottiin vahingossa"*, *"Huoltomies oli vahingossa irroittanut väärän kaapelin"*, *"Teknisen käyttäjän salasana oli vahingossa vaihdettu"*.

Inhimilliset virheet olivat siis hyvin yleisiä, sekä niitä esiintyi suhteellisen tasaisesti kaikilla tutkimukseen osallistuneilla organisaatioilla. Organisaatiolla C nämä olivat kolmanneksi suurin palvelukatkojen juurisyy, aiheuttaen 18% organisaation C kokemista katkoista. Organisaatioiden B ja D kokema osuus inhimillisistä virheistä oli yhtä suuri, 11 % kokonaisuudesta. Sen sijaan organisaatiolla A ja D näiden osuus oli selvästi pienempi, A:lla tämä vaikutti 5 %:iin palvelukatkoista ja D:lla vain 2 %:iin. Organisaation A osuus inhimillisissä virheissä on erityisen mielenkiintoinen, koska kyseinen organisaatio oli selvästi suurin mukana olleista osallistujista mutta sen kokemat tämän kategorian palvelukatkot olivat kohtuullisen vähäisiä.

Teemoittelun suhteen inhimilliset virheet luokiteltiin muutostenhallintateeman alaisuuteen. Tämä teemoittelu vaikutti intuitiivisesti selkeältä, koska aineiston osoittamat juurisyyt implikoivat puutteita muutosten hallinnassa. Kyseiset tekijät olivat sidoksissa huolimattomuuteen tai vahinkoihin, seikkoihin

joihin voi mahdollisesti vaikuttaa tarkemmin suunnitellulla prosessilla tai laadunvalvonnalla. Inhimillisten virheiden esiintyminen näiden organisaatioiden välillä on havainnollistettu alla olevassa kuviossa 11.



KUVIO 11 Inhimillisten virheiden aiheuttamien palvelukatkojen osuus

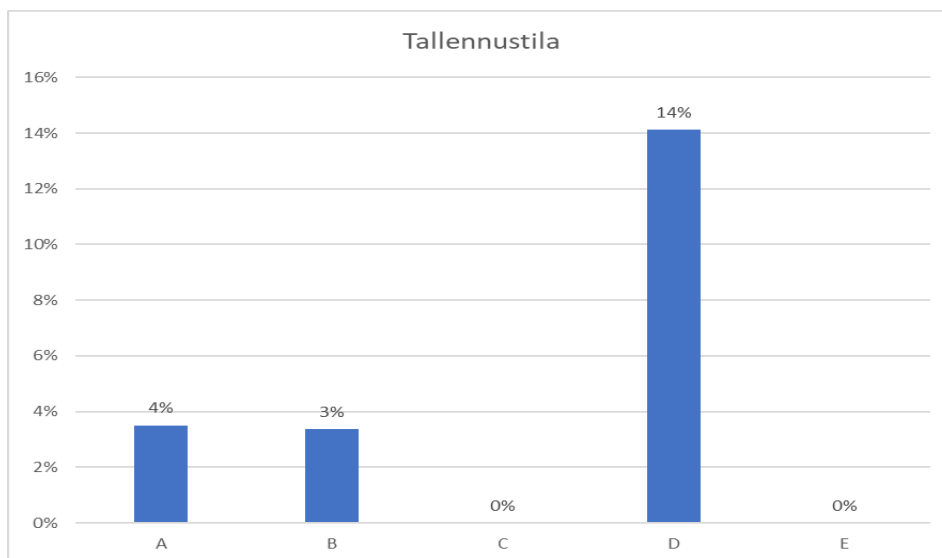
7.1.6 Tallennustila

Tallennustila, tai sen loppuminen kesken tuotantokäytön, oli seuraavaksi yleisin syy organisaatioiden kokemille palvelukatkoille, muodostaen 6,7 %:a kaikista havaituista suunnittelemattomista palvelukatkoista. Tämän aiheuttamat katkot aiheutuivat siis tallennustilan loppumisesta, yleensä kyseessä oli tietokannan tallennustila mutta myös muita palvelin ja levyalueiden tilan puutteita oli havaittavissa. Tietokanta on erityisen keskeinen komponentti tietojärjestelmissä, johon yleensä tallennetaan kaikki järjestelmän käsittelemä data. Tiedon määrän kasvaessa käytännössä päivittäin uusien tapahtumien myötä, myös tallennustilaa tulee olla riittävästi vapaana. Tilanteissa joissa esimerkiksi tietokannan tilaa tulee ylläpitäjien toimesta kasvattaa tarpeen mukaan, voidaan kohdata kyseistä virhetilannetta etenkin jos järjestelmän hallintamalli ei ole systemaattista. Tästä syystä tallennustila teemoiteltiin järjestelmän hallinta-teeman alle, koska kyseessä nähtiin olevan tietojärjestelmän hallintamalliin liittyvä prosessi. Systemaattisen järjestelmän hallinnan puute voi siis näkyä juuri tämän kaltaisena palvelukatkona, jos tietojärjestelmän orgaanista kasvua ei huomioida tai siihen ei varauduta päivittäisillä hallintamenetelmillä.

Luokittelun suhteen tallennustilan virheet olivat suhteellisen selkeitä aineistossa, nämä saatiin melko yksiselitteisesti asetettua kyseiseen kategoriaan ilman ristiriitoja. Esimerkiksi aineistoon oli kirjattu tämän kategorian luokittelulle insidenteille ratkaisuksi seuraavia syitä: *"ongelman aiheutti tietokannan täyttyminen"*, *"levytilaa kasvatettu"*, *"lokit olivat täynnä ja levytila täyttyi. Pienennetty lokitiedostoa ja vapautettu tilaa"* tai *"transaktioloki oli täynnä"*.

Tallennustila oli ensimmäinen yleisimmistä kategorioista, jota ei kohdattu kaikilla tutkimukseen osallistuneilla organisaatioilla. Organisaatiolla D tämä oli kolmanneksi yleisin palvelukatkojen aiheuttaja, vastaten 14 %:sta tämän kokeamista katkoista. Sen sijaan organisaatioilla A ja B tallennustilan puutteet aiheuttivat vain 3-4 % näiden kokemista palvelukatkoista. Organisaatiot C ja E eivät taas kohdanneet yhtään tallennustilasta aiheutuvaa palvelukatkoa.

Näiden organisaatioiden jakaumaa tallennustilan aiheuttamista palvelukatkoista suhteessa kokonaisuuteen on havainnollistettu alla olevassa kuviossa 12.



KUVIO 12 Tallennustilan aiheuttamat palvelukatkot

7.1.7 Ylikuormitus

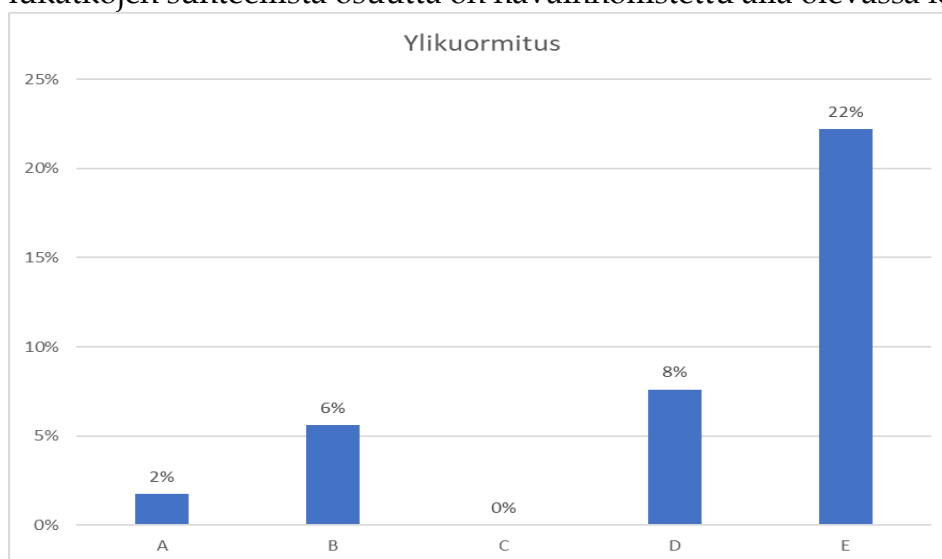
Tietojärjestelmän ylikuormitus oli mielenkiintoinen kategoria, joka ilmeni lähes kaikilla tutkimukseen osallistuneilla organisaatioilla. Tämä aiheutti 5,6 %:a tutkimuksen kaikista tarkastelluista palvelukatkoista, ja oli kohtuullisen tasaisesti edustettuna niillä organisaatioilla jotka kärsivät ylikuormituksesta. Ylikuormitus viittasi tilanteeseen, jossa tietojärjestelmä kohtasi palvelukatkon kapasiteetin puutteiden vuoksi. Tämä saattoi aiheutua esimerkiksi vääränlaisesta mitoitusesta, odottamattomasta käyttäjämäärästä tai resurssien kesken loppumisesta.

Aineistossa kategorisoitiin palvelukatkon perimmäiseksi aiheuttajaksi ylikuormitus esimerkiksi insidentit, joiden ratkaisuisa esiintyi seuraavia kuvauksia: *"Otettiin käyttöön uusi varmistus-ominaisuus, joka ei varsinaisesti ollut väärin mitoitettu mutta CPU-kapasiteetti loppui sen vuoksi kesken"*, *"palvelimen CPU käy aivan hulluna, pitänee lisätä resursseja"*, *"yksi palvelu vie kaikki tehot palvelimelta, täytyy olla yhteydessä toimittajaan"* tai *"johtui liian korkeasta kuormituksesta"*. Teehoittelussa ylikuormitus asemoitui järjestelmien hallinta -teeman alle, koska tämän nähtiin vahvasti liittyvän kyseiseen aihepiiriin. Ylikuormituksen aiheuttajat olivat tekijöitä, joihin pystyy mahdollisesti vaikuttamaan hallitsemalla järjestelmiä tehokkaasti. Tässä tapauksessa kyse oli esimerkiksi tietojärjestelmän

mitoituksen tai sen valvonnan puutteesta, jossa kuormituksen eskaloitumista ei havaittu ennen kuin palvelukatko ehti realisoitua.

Eniten ylikuormituksen aiheuttamia palvelukatkoja esiintyi organisaatiolla E, joskin kyseisen organisaation aineisto oli kohtuullisen pieni kokonaisuudeltaan eikä siten välttämättä ole yleistettävissä edes kyseiselle organisaatiolle. Muihin organisaatioihin verraten organisaatiot B ja D kokivat suhteellisesti lähes saman verran ylikuormituksesta johtuvia palvelukatkoja, eli noin 6-8 %:a kokonaisuudesta oli tästä syystä johtuvia. Organisaatiolla C taas ei havaittu yhtään ylikuormituksesta johtuvaa palvelukatkoa.

Näiden organisaatioiden kohtaamia ylikuormituksesta aiheutuneita palvelukatkosten suhteellista osuutta on havainnollistettu alla olevassa kuviossa 13.



KUVIO 13 Ylikuormituksen aiheuttamat palvelukatkot

7.1.8 Laitteisto

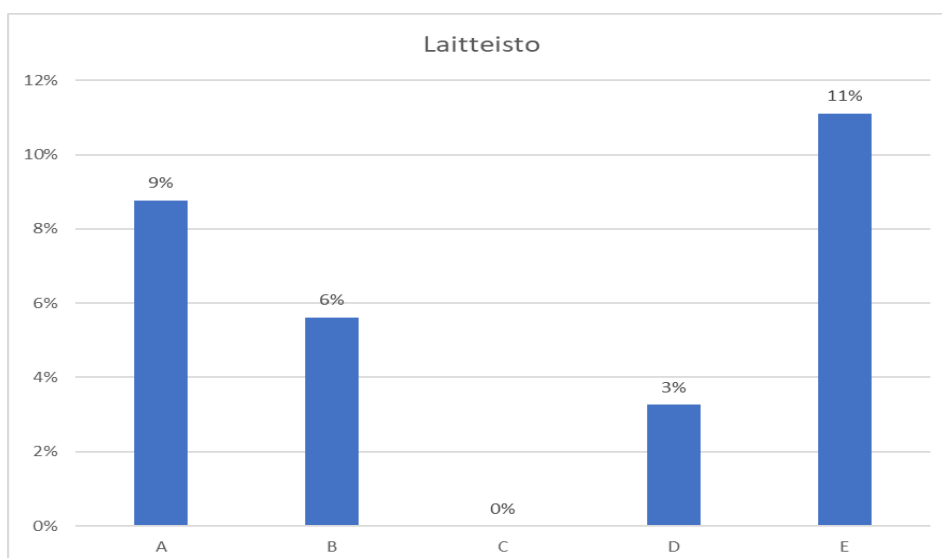
Laitteisto oli juurisyynä myös melkein kaikilla osallistuneilla organisaatioilla osaan koetuista palvelukatkoista. Laitteisto-ongelmat olivat samankaltaisia ja kohtuu selkeitä luokittelussaan, taustalla oli havaittavissa tietyn fyysisen laitteen vikaantuminen joka aiheutti palvelukatkon. Syiksi insidenteille oli kirjattu mm. *"Laitteessa vikaa. Konfiguroidaan uusi vastaava laite tilalle"*, *"uudelleenkäynnistyksen jälkeenkään ei toimi, vihreä ja oranssi valo vilkkuu mutta ei punaista. Vaihdettu uusi laite tilalle"*, *"laitevika liittymässä"* tai *"rautavika"*. Aineistosta voi havainnoida yksittäisten vikaantumispisteiden muodostama ongelma tietojärjestelmien jatkuvuudelle, nämä aiheuttivat pullonkauloja koska käytön kannalta kriittisiä laitteita ei oltu kahdennettu ja toimintaa varmistettu esimerkiksi automaattisen varalaitteen kautta.

Teemoittelussa laitteistovirheet asettuivat infrastruktuuriin, koska näiden nähtiin kuuluvan oleellisesti tietojärjestelmän perustan muodostavaan infraan. Tämän toiminta on edellytyksenä järjestelmän toimintakyvylle. Vaikka tietojärjestelmä olisi ohjelmiston, konfiguraatioiden ja muiden tekijöiden kannalta täy-

sin toimintakunnossa, mutta sen infrastruktuuriin kuuluva oleellinen laitteisto vikaantuu, aiheuttaa tämä palvelukatkon mahdollisesti koko järjestelmälle. Kriittisten laitteistojen kannalta vikasietoisuus ja kahdentaminen voidaankin nähdä tärkeänä tekijänä.

Kokonaisuutena laitteiston osuus oli 5,2 %:a kaikista havaituista palvelukatkoista, mutta toisilla organisaatioilla tämä muodosti selkeästi merkitsevemmän kokonaisuuden häiriötilanteista. Esimerkiksi organisaatiolla A laitteiston virheet aiheuttivat 9 %:a palvelukatkoista, määrällisesti tämän takana oli viisi eri insidenttiä. Organisaatiolla B laitteiston osuus oli 6 % ja organisaatiolla D taas 3 % kaikista palvelukatkoista. C ei kärsinyt laitteisto-ongelmista kertaakaan, mutta D:llä tätä esiintyi 11 %:a, joka tosin vastasi vain yhtä laitteistovirheeksi luokiteltua insidenttiä.

Laitteiston aiheuttamien virhetilanteiden suhteelliset osuudet on kuvattu alla olevassa kuviossa 14.



KUVIO 14 Laitteiston aiheuttamat palvelukatkot

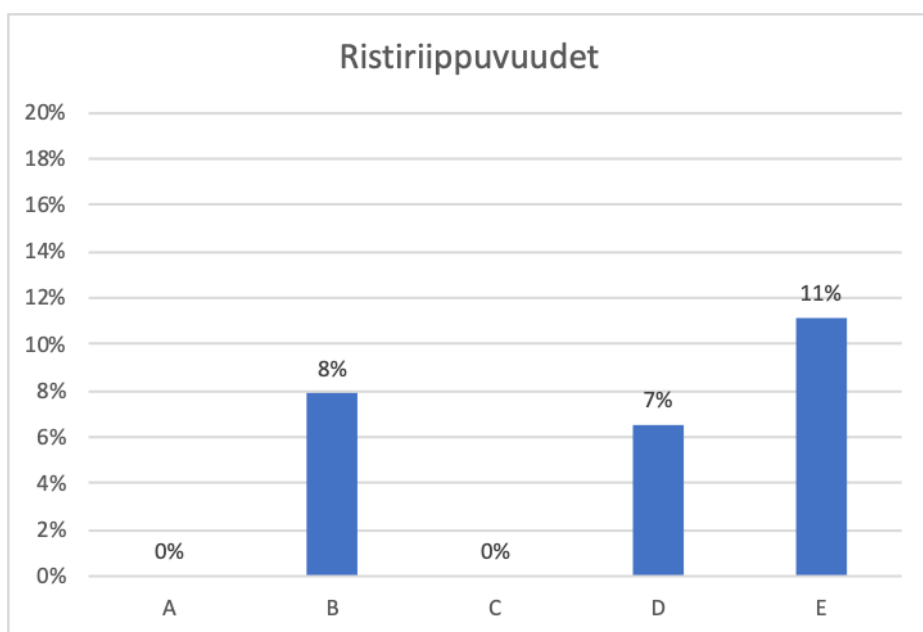
7.1.9 Ristiriippuvuudet

Seuraavassa kategoriassa havaittiin ristiriippuvuuksien aiheuttamia häiriötilanteita, jotka olivat esimerkiksi kolmansien osapuolien, ulkopuolisten palveluntarjoajien tai rinnakkaisten tietojärjestelmien riippuvuudesta aiheutuneita palvelukatkoja. Tämä kuvasi tilanteita, joissa tietojärjestelmän jonkin osa-alueen toiminta on riippuvaista toisesta palvelusta, jonka toimintahäiriö estää itse järjestelmän käytön. Näihin lukeutui muun muassa tunnistautumiseen käytettyjä ulkoisia tietojärjestelmiä, jolloin kirjautuminen varsinaiseen tietojärjestelmään ei ollut mahdollista koska käyttäjää ei saatu ristiriippuvuuden vuoksi todennetua. Insidentteihin kirjattuja syitä olivat esimerkiksi *"Toisessa palvelussa oli alustahäiriö, jonka vuoksi järjestelmään ei päässyt kirjautumaan"* tai *"vika paikantui vasta puolen järjestelmään, jonka sanomat olivat viallisia"*.

Ristiriippuvuudet teemoiteltiin muutosten hallinan alaisuuteen, koska sen koettiin kuuluvaan osana muutostilanteita ja näiden kokonaisvaltaista hallintaa. Aineisto viittasi hallinnollisiin syihin, jossa järjestelmien ylläpitäjät eivät olleet ehkä täysin tietoisia keskinäisestä integraatioistaan. Nämä puutteet johtivat etenkin muutostilanteissa esimerkiksi kommunikaatiokatkoksiin suunnitelluista palvelukatkoista, missä toinen tietojärjestelmä ylläpitäjineen ei joko ollut tietoinen ja varautunut vastapuolen toiminnallisiin muutoksiin tai tämän suunniteltuun palvelukatkoon.

Ristiriippuvuuden aiheuttamia palvelukatkoja kokivat erityisesti organisaatiot B ja D, joilla tämä aiheutti 7-8 %:a virhetilanteista. Organisaatiolla E tämä vastasi 11 %:a palvelukatkoista, tosin jälleen tämä vastasi vain yhden insidentin verran. Organisaatiot A ja C eivät sen sijaan kokeneet tähän luokiteltuja palvelukatkoja.

Näiden organisaatioiden kokemaa suhteellista ristiriippuvuuksien aiheuttamia palvelukatkoja on havainnollistettu kuviossa 15.



KUVIO 15 Ristiriippuvuuksien aiheuttamat palvelukatkot

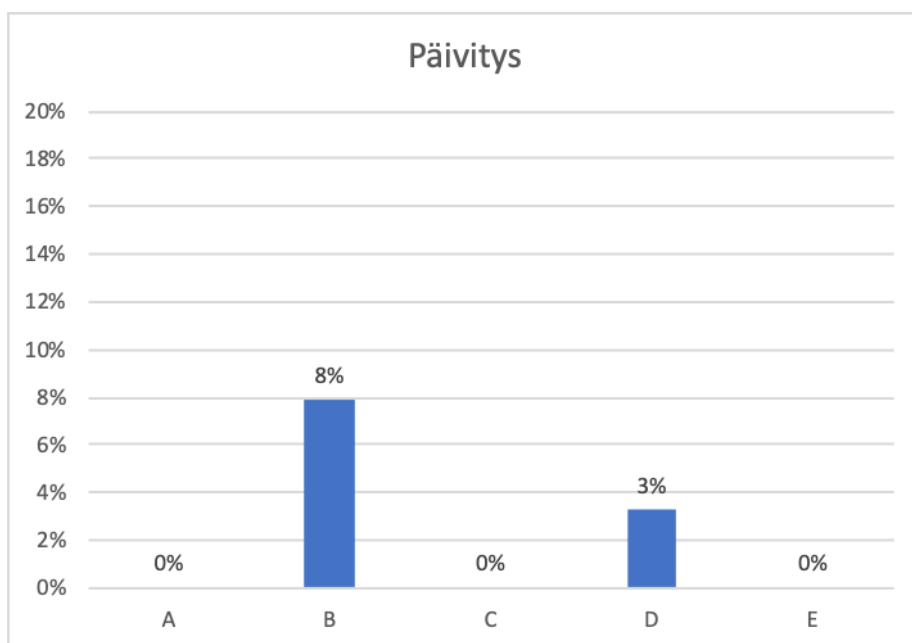
7.1.10 Päivitys

Päivitykset olivat tutkimuksessa palvelukatkon aiheuttajia kymmenelle eri tapaukselle, nämä muodostivat 3,7 %:a aineiston kokonaisuudesta. Päivitykset kuvasivat tilanteita, joissa jotain tietojärjestelmän osa-aluetta oli päivitetty. Tästä taas aiheutui esimerkiksi yllättävä virhetilanne, joka johti suunnittelemaan palvelukatkoon. Tämän kaltaisia katkoja kuvattiin analysoiduissa insidenteissa mm. selitteillä *"viikonlopun tietokantapäivitys oli hävittänyt indeksin"* tai *"käyttöoikeudet toimivat eri tavalla kuin edellisessä versiossa, minkä johdosta kirjautuminen ei onnistunut versionvaihdon jälkeen"*. Päivitys saattoi siis muuttaa jär-

jestelmän toimintaa, mitä ei oltu huomioitu aiemmin, tai aiheuttaa virheen joka esti järjestelmän käytön. Tähän kategoriaan lukeutui myös tilanne, jossa tietojärjestelmällä oli päivityksestä johtuva suunniteltu palvelukatko, mutta sen kesto kuitenkin venyi yli suunnitellun ajan. Tässä tapauksessa järjestelmä ei ollut vielä käytettävissä palveluajan alkaessa, koska sen päivitys oli edelleen kesken.

Teemoittelussa päivitys-kategoria asettui muutostenhallinta-teeman alaisuuteen, koska päivittäminen on sisällöllisesti muutostapahtuma jonka aiheuttamat palvelukatkot viittasivat hallinnan puutteisiin. Esimerkiksi uuden version muokkaama toiminnallisuus on asia joka tulisi havaita muutostenhallinnan kautta, samoin päivityksen aiheuttama virhe viittaisii puutteeseen päivityksen käyttöönotossa ja sen todentamisessa.

Tutkituista organisaatioista päivityksen aiheuttamista palvelukatkoista kärsivät vain organisaatiot B ja D. Näistä B:n päivitysvirheet edustivat 8 %:a organisaation kokemista palvelukatkoista, D:llä vastaava suhteellinen osuus oli 3 %:a. Päivitysten aiheuttamaa osuutta tutkituista palvelukatkoista on havainnollistettu kuviossa 16.



KUVIO 16 Päivitysten aiheuttamat palvelukatkot

7.1.11 Virta, tietoturva, palautumisen ohjeet ja luonnononnettomuudet

Loput palvelukatkojen aiheuttaneet kategorisoinnit esiintyivät melko pienessä roolissa tutkimusaineistossa. Näitä oli yhteensä 16 eri insidenttiä. Virtaongelmista oli kirjattu 9 insidenttiä, tietoturvasta 5 ja palautumisen ohjeista 2. Luonnononnettomuuksista ei aiheutunut yhtään palvelukatkoa tässä tutkimusaineistossa, mikä ei kuitenkaan rajaa tätä tekijää täysin aiheuttavien syiden ulkopuolelle. Luonnononnettomuudet saattavat olla luonteensa vuoksi muita harvinaisempia, mutta toki tapahtuessaan näillä on mahdollisesti vakavia seurauksia.

Virran ongelmat olivat nimensä mukaisesti sähkönsyötöstä aiheutuneita palvelukatkoja. Sähköjen katkeamisella on luonnollisesti suoria vaikutuksia tietojärjestelmien toimintaan, virran puute voi vaikuttaa moneen eri laitteeseen vaikka osalla järjestelmän komponenteista saattaa olla varavirtajärjestelmiä. Insidenttien kuvauksissa virran ongelmia oli dokumentoitu: *"vika aiheutui virransaannin ongelmista toimipisteessä"* tai *"sähkönsyöttö aiheutti vian"*.

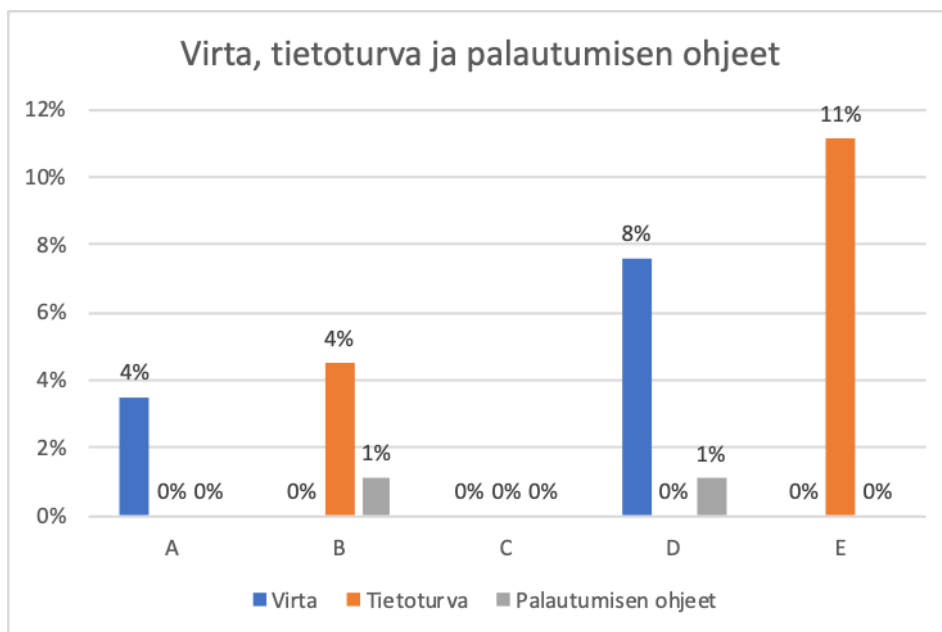
Tietoturva taas aiheutti palvelukatkoja, joiden juurisyy oli erilaisissa tietoturvaan liittyvissä tekijöissä. Insidentit kuvasivat näiden aiheutuvan esimerkiksi suorista tietoturvaauhista *"häiriön aiheutti palvelunestohyökkäys"*, virheellisesti käyttäytyneistä tietoturvatoinnoinnoista *"vian aiheutti tietoturvamoduulin virheellinen toiminta"* tai teknisten tietoturvatekijöiden häiriötilanteet, kuten *"palvelinvarmenne oli vanhentunut, uusi asennettu"*.

Palautumisen ohjeista johtuneet tilanteet esiintyivät tilanteissa, joissa järjestelmän toimintakuntoa yritettiin palauttaa joko manuaalisesti tai automaattisesti virheen vuoksi, mutta palautuminen epäonnistui. Tämän juurisyyksi nähtiin joko epäselvät ohjeistukset palautumisskenaarioiden toteuttamiselle, tai automaation kannalta hallitsematon palautustilanne joka käsiteltiin virheellisesti. Esimerkkeinä tästä skenaariosta olivat insidentit, joiden sisältönä oli kirjattu *"virhetilanteesta johtuen järjestelmä käynnistettiin väärälle osiolle"* ja *"vian korjaaminen kesti, koska oli epäselvää keneen otetaan yhteyttä"*

Teemoittelun kannalta virta-ongelmat luokiteltiin infrastruktuuri teeman alaisuuteen, koska virransyöttö ja sen varajärjestelyt liittyvät järjestelmän perusinfrastruktuuriin. Tämän suunnittelu ja toteutus on yksi osa toimintavarman tietojärjestelmän perustaa, jonka toiminta vaikuttaa melko suoraviivaisesti ja yksisuuntaisesti järjestelmän toimintaa. Tietoturva taas teemoiteltiin kuuluvaksi järjestelmien hallinnan kokonaisuuteen, koska tietoturvatekijät ovat sekä teknisiä että toiminnallisia asioita. Nämä edellyttävät oikeita hallintamenetelmiä ajantasaisten ja tarkoituksenmukaisten turvamenetelmien toteuttamiseksi, mutta myös oikeanlaisia suojausmekanismeja estämään järjestelmään kohdistuvia hyökkäyksiä. Vastaavasti palautumisen ohjeet teemoiteltiin samaan järjestelmien hallinta kategoriaan, koska virhetilanteista palautumisen suunnitelmallisuus ja ohjeistus nähtiin vahvasti osana tämän teeman ydintä. Selkeällä hallintamallilla nähtiin olevan suoraa vaikutusta juuri tähän tekijään, eli hyvin hallitun järjestelmän tulisi ottaa kantaa virhetilanteista palautumiseen ja määrittellä selkeä prosessi tälle.

Näiden kolmen viimeisen kategorian esiintyminen jakaantui hajanaisesti organisaatioiden kesken. Jokaista kategoriaa havaittiin enintään kahdella mukana olleella organisaatiolla, mutta nämä ilmenivät hyvin vaihtelevasti näiden välillä. Virta-ongelmat aiheuttivat palvelukatkoja organisaatioilla A ja D, joista A:lla tämä vastasi 4 %:sta ja D:llä 8 %:sta koetuista palvelukatkoista. Tietoturvan aiheuttamia katkoja taas kokivat organisaatiot B ja E, organisaatiolla B tämä oli juurisyyinä 4 %:ia ja organisaatiolle e taas 11 %:ia katkoista. Ainoa poikkeus näihin kategorioihin oli organisaatio C, joka ei kohdannut yhtään kyseisistä tekijöistä johtuvaa palvelukatkoa.

Näiden kategorioiden suhteellista jakautumista eri organisaatioiden välillä on havainnollistettu alla kuviossa 17.



KUVIO 17 Virran, tietoturvan ja palautumisen ohjeiden aiheuttamat palvelukatkot

8 TULKINTA JA POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena on luonnollisesti pyrkiä vastaamaan sille asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tässä luvussa peilataan tutkimustuloksia näihin kysymyksiin ja pyritään pohtimaan vastauksia niihin. Tutkimustuloksia reflektoidaan myös kirjallisuuskatsausosuuden sisältöön sekä asemoidaan niiden merkitystä ja käyttökelpoisuutta suhteessa aiempaan akateemiseen kirjallisuuteen. Tämä pyrkii siis konfirmoimaan tutkimustuloksia ja niiden tieteellisiä vaikutusmahdollisuuksia.

Luvun lopussa arvioidaan vielä tutkimuksen luotettavuutta sekä pohditaan mahdollisia jatkotutkimuskohteita. Kokonaisuutena luku kattaa nimensä mukaisesti tutkimustulosten tulkinnan ja pohdinnan.

8.1 Suunnittelemattomien palvelukatkojen aiheuttajat

Tämän tutkimuksen suunnitteluvaiheessa ensimmäinen asetettu tutkimuskysymys oli *"mitkä häiriöt aiheuttavat suunnittelemattomia palvelukatkoja tietojärjestelmille?"*. Tutkimustuloksiin peilaten tässä tunnistettiin useita eri aiheuttavia tekijöitä palvelukatkoille, yleisimmät näistä esiintyivät ja jakaantuivat melko tasaisesti tutkittujen organisaatioiden välillä. Tutkimusaineisto aineisto piti sisällään 269 yksittäistä insidenttiä, joista pystyttiin tunnistamaan palvelukatkon aiheuttaja. Tämän aineiston perusteella organisaatioiden kohtaamille palvelukatkoille havaittiin 12 eri aiheuttajaa, joiden luokittelu vastasi hyvin luvussa viisi muodostettua synteesiä. Esimerkiksi ohjelmistovirheet, verkko ja konfiguraatiot olivat kolme yleisintä palvelukatkojen aiheuttajaa, jotka vastasivat yksinään hieman yli 60 %:a havaituista palvelukatkoista. Muut palvelukatkojen aiheuttavat tekijät olivat esiintyvyyssjärjestyksessä: inhimilliset virheet, tallennus-tila, ylikuormitus, laitteisto, ristiriippuvuudet, päivitys, virta, tietoturva ja palautumisen ohjeet.

Verrattuna aiekaisempiin tieteellisiin tutkimuksiin, tuloksilla oli eniten yhteneväisyyksiä Gunawin ym. (2014) tutkimuksen kanssa, joka havainnoi pilvi-

palvelujen palvelukatkojen aiheuttajia. Gunawi ym. (2014) havaitsivat lähestulkoon samat aiheuttavat tekijät, erona olivat esimerkiksi luonnononneettomuudet joita ei tässä tutkimuksessa havaittu aiheuttavana tekijänä. Gunawi ym. (2014) tutkimuksessa yleisimmät palvelukatkojen aiheuttajat esiintyivät hieman eri järjestyksessä, kolme yleisintä syytä olivat päivitys, verkko ja ohjelmistovirheet. Päivitysvirheet olivat omassa tutkimuksessani vasta yhdeksennäksi yleisin esiintynyt aiheuttaja, sijoittuen siten listan loppupäähän. Esimerkiksi kahdella tutkimukseen osallistuneella organisaatiolla päivitysvirheitä ei esiintynyt ollenkaan. Tätä eroa voi mahdollisesti selittää tutkittujen tietojärjestelmien teknisillä eroilla. Gunawi ym. (2014) tutkivat pelkästään pilvijärjestelmien kokemia palvelukatkoja, siinä missä oma tutkimukseni tarkasteli palvelukatkoja laajalaisesti organisaation kaikissa hyödynnetyissä tietojärjestelmissä. Tutkimusaineistoni tietojärjestelmät ovat siis heterogeenisempiä, sisältäen sekä julkisia pilvijärjestelmiä että organisaatioiden omissa konesaleissa operoituja järjestelmiä. Näiden keskinäiset luonteenpiirteet eroavat toisistaan, esimerkiksi Neamtiu & Dumitras (2011) esittävät pilvi-infrastruktuurin dilemmaksi tasapainoilun jatkuvan kehittymisen ja korkean luotettavuuden välillä. Pilven tavoitteena on tarjota ketteryyttä kehittyä nopeasti, mutta muutokset aiheuttavat riskin virhetilanteille. Omat tutkimustulokseni tukisivat tätä näkemystä, koska päivitysvirheitä esiintyi vähemmän organisaatioiden heterogeenisissä ympäristöissä. Ohjelmistovirheet, verkko ja konfiguraatiot taas olivat hyvin yleisiä palvelukatkojen aiheuttajia sekä tässä että Gunawin ym. (2014) tutkimuksessa, mikä tukisi näiden aiheuttavien tekijöiden yleistettävyyttä palvelukatkoille.

Tämän tutkimuksen yleisimpinä palvelukatkojen aiheuttajana havaittiin olevan ohjelmistovirheet, joka esiintyi myös kaikissa synteessin pohjana olleissa tutkimuksissa jollain muotoa (Gunawi ym., 2016; Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003). Ohjelmistovirheitä havaittiin aiheuttajina laajalaisesti jokaisella osallistuneella organisaatiolla, näiden suuren määrän vuoksi ohjelmistovirheet ovatkin selvästi merkittävin yksittäinen tekijä tietojärjestelmien palvelukatkoille. Verkkovirheet olivat myös hyvin yleisiä, vastaavia oli havaittu myös muissa tutkimuksissa (Gunawi ym., 2016; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003) mutta tässä verkkovirheiden osuus oli hieman suurempi kuin muissa. Tätä saattaa selittää jälleen tutkimusasetelma, jossa kaikki tutkitut organisaatiot toimivat useassa eri sijainnissa ja näiden verkkoinfrastruktuurit olivat laajalaisia. Konfiguraatiovirheet olivat myös yleinen tekijä monelle palvelukatkolle. Tämä vahvistaa usean aiemman tutkimuksen havaintoja konfiguraatiovirheiden yleisyydestä palvelukatkojen aiheuttajana (Gunawi ym., 2016; Pertet & Narasimhan, 2005; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003), joskin joissain tutkimuksissa konfiguraatiovirheiden määrä ei ole ollut yhtä suuri (Liu ym., 2019). Esimerkiksi Liu ym. (2019) arvioivat tutkimuksensa kohteena olleen Microsoft Azure pilvipalvelun automaatiomekanismien havaitsevan kyseisiä virhetilanteita, jolloin konfiguraatiovirheet eivät mahdollisesti ole nousseet heidän tutkimuksessaan esille.

Inhimilliset virheet esiintyi tässä tutkimuksessa selkeänä havaittuna kategoria palvelukatkojen aiheuttajana, joskaan se ei muodostanut niin suurta osuutta kuin edellä esitetyt kategoriat. Muissa tutkimuksissa oli myös tunnistettu inhimillisiä virheitä tässä kontekstissa, joskin näiden esiintymistiheys vaihteli selkeästi tutkimusten välillä. Joissain tutkimuksissa tunnistettiin pienehköjä määriä inhimillisiä virheitä (Gunawi ym., 2016; Liu ym., 2019), muissa taas selkeästi suurempia määriä (Enriquez, Brown & Patterson, 2002; Pertet & Narasimhan, 2005; Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003). Näihin tutkimuksiin peilaten voidaan erona havainnoida ainakin se, että vähemmän inhimillisiä virheitä tunnistaneet tutkimukset keskittyivät ainoastaan pilvijärjestelmiin. Tallennustila oli esiintymisen yleisyydessä hyvin samaa luokkaa kuin inhimilliset virheet, muista tutkimuksista Gunawi ym., (2016) tunnistivat myös saman tekijän melko samalla esiintymismäärällä.

Seuraavissa kategorioissa palvelukatkojen aiheuttajiksi tunnistettiin ylikuormitus, joka esiintyi vielä useassa virhetilanteessa, vaikka kokonaisuutena tämän osuus oli jo hieman vähäisempää. Aiemmat tutkimukset totesivat saman kategorian esiintymistä joko hieman pienemmässä (Enriquez, Brown & Patterson, 2002) tai hieman suuremmassa määrin (Pertet & Narasimhan, 2005; Gunawi ym., 2016). Laitteiston aiheuttamat virheet taas esiintyivät tutkimusaineistossa lähes samalla osuudella. Toisiin tutkimuksiin peilaten laitteiston osuus vaihteli pienen (Gunawi ym., 2016), keskisuuren (Oppenheimer, Ganapathi & Patterson, 2003; Pertet & Narasimhan, 2005) ja suuren välillä (Enriquez, Brown & Patterson, 2002). Näihin suhteutettuna laitteiston osuus palvelukatkoista oli pienehkö. Myös ristiriippuvuudet olivat lähes yhtä yleisiä aiheuttajia kuin ylikuormitus ja laitteisto. Ristiriippuvuuksia oli kuitenkin havaittu selkeästi vähemmän kuin aiemmissa tieteellisissä tutkimuksissa (Gunawi ym., 2016; Liu ym., 2019).

Päivitys ja virta olivat omia havaittuja aiheuttajiaan, molempia kategorioita havaittiin lähes yhtä paljon joskin kokonaisuuteen suhteutettuna näiden määrä oli pienehkö. Päivitysten merkitys on toisissa tutkimuksissa havaittu määrältään suureksi (Gunawi ym., 2016; Pertet & Narasimhan, 2005; Liu ym., 2019). Virran osuus taas oli yhdessä tutkimuksessa (Gunawi ym., 2016) nähty hieman suuremmaksi kuin tässä, joskaan ero ei ollut niin merkittävä kuin esimerkiksi päivitysten suhteen. Viimeiset kaksi palvelukatkojen aiheuttajaa olivat tietoturva ja palautumisen ohjeet, joiden havaittu määrä oli pieni tässä tutkimuksessa. Aiemmat tutkimukset havaitsivat tietoturvan aiheuttamia palvelukatkoja selvästi useammassa tapauksessa (Gunawi ym., 2014; Pertet & Narasimhan, 2005), mutta myös vastaavia määriä (Enriquez, Brown & Patterson, 2002) kuin tässä tutkimuksessa. Palautumisen ohjeista johtuvia palvelukatkoja oli edeltävissä tieteellisissä tutkimuksissa taas havaittu enemmän (Pertet & Narasimhan, 2005) kuin mitä tämän aineiston perusteella koettiin.

Suunnitellemattomien palvelukatkojen aiheuttajia saatiin siis tunnistettua hyvin ja näiden esiintymisen tiheyttä pystyttiin mittaamaan ja vertaamaan eri organisaatioiden välillä. Palvelukatkojen aiheuttajat olivat osittain vastaavia kuin aiemmissa akateemisissa tutkimuksissa, mutta edustivat yksilöllistä kokonai-

suutta niin kokonaisvaltaiselta luonteeltaan kuin näiden havaitulta esintymismäärältään.

8.2 Suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyyt

Toinen tutkimuskysymys oli ”*mikä on näiden suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyy?*”. Tähän kysymyksiin pyrittiin vastaamaan teemoittelemalla palvelukatkojen aiheuttajat niiden syitä vastaavan kokonaisuuden mukaan. Tällä pyrittiin havaitsemaan samoja teemoja palvelukatkojen aiheuttajista, jonka avulla haettiin vastausta ilmiön todelliseen juurisyyn. Tutkimustuloksista johdettiin neljä eri teemaa palvelukatkojen aiheuttajille, jotka olivat infrastruktuuri, ohjelmistot, muutostenhallinta ja järjestelmien hallinta. Palvelukatkojen aiheuttajat saatiin tasaisesti ja loogisesti jaettua näiden teemojen kesken.

Infrastruktuuri-teema kuvaa niitä virhetilanteita, joiden juurisyynä oli tietojärjestelmän perustana olevassa infrastruktuurissa kohdatut virheet. Infrastruktuurin juurisyyt olivat tämän suunnittelussa ja toteutuksessa, sillä yleensä vikaantuneilta tekijöiltä puuttui kahdennus tai varajärjestelmä joka olisi ongelmatilanteessa pystynyt ottamaan vikaantuneen komponentin tehtävät itselleen. Tutkimuksessani infrastruktuuriin luokitellut tekijät olivat yleensä yksittäisiä pienjärjestelmiä ilman varalaitteistoa, sähkönsyötön fyysisiä ratkaisuja ilman kahdennusta tai akku-valmiutta, tai yksittäisiä linja- ja kaapelivetoja joka vikaantuessa esti pääsyn tietojärjestelmiin. Infrastruktuurin alle luokiteltiin neljä tekijää, jotka olivat virta, laitteisto, verkko ja luonnononnettomuudet. Näihin voidaan mahdollisesti varautua suunnittelemalla infrastruktuuri mahdollisimman vikasietoiseksi, mikä toki vaatii taloudellisia taloudellisia resursseja. Esimerkiksi verkkovirheissä niin verkkokytkimien kuin tietoliikennekaapelointien fyysisiä rikkoontumisia, joiden aiheuttamat palvelukatkot olisi voitu estää kahdentamalla jokainen verkkokomponentti. Koska näitä on etenkin komplekseissa ja globaalisti hajautetuissa yrityksissä hyvin suuri määrä, voivat kustannustekijät nousta tämän haasteeksi.

Ohjelmistot-teema pitää sisällään ohjelmistoihin liittyvät laadulliset tekijät, jotka muodostavat perustan toimiville ja tarkoituksenmukaisille ohjelmistoille. Tähän teemaan luokitellut virhetilanteet aiheutuivat puutteista laadunhallinnassa, esimerkiksi huolimattomasta testauksesta tai huonosti toteutetusta ohjelmistosta. Teeman alle luokiteltiin kaksi tekijää: ohjelmistovirheet ja konfiguraatiot. Ohjelmistovirheitä aiheutui juuri edellä mainituista tekijöistä, joissa havaittiin ohjelmiston testauksen ja laadunhallinnan puutteita. Tämänkaltaiset tilanteet, jotka realisoituivat tietojärjestelmän tuotantokäytössä systemaattisesti, olisi voitu havaita riittävällä testaamisella ja laadunvalvonnalla sekä korjata puutteet ennen käyttöönottoa. Sen sijaan satunnaiset ja epä johdonmukaiset ohjelmistovirheet jotka esiintyivät kertaluontoisesti ja poistuivat esimerkiksi järjestelmän tai sen osa-alueen uudelleenkäynnistyksellä, ovat haastavimpia. Näiden juurisyy ei ollut tutkimusaineiston perusteella täysin selitettävissä. Tämäkin nähtiin kuitenkin laadullisena tekijänä, koska ohjelmiston toiminta ei silloin

vastannut sille asetettuja laatuvaatimuksia. Konfiguraatiovirheet kuuluivat samaan juurisyyn, ne aiheutuivat selkeästi testauksen puutteesta tai muusta laadunvalvonnan tekijästä. Konfiguraatiomuutoksia tai niiden käyttöönottoa ei siis oltu selkeästi testattu riittävällä laajuudella. Ohjelmistot-teema pitää siis sisällään ohjelmistokehitykseen liittyvät tekijät, jotka vaikuttavat tähän kokonaisuutena.

Muutostenhallinta-teeman alle taas luokiteltiin ne virhetilanteet, joiden juurisyynä olivat ongelmat muutoksenhallintaprosessissa. Tämä piti sisällään kolme palvelukatkojen aiheuttajaa, jotka olivat päivitys, inhimilliset virheet ja ristiriippuvuudet. Yhteinen tekijä näille oli toteutettu muutos, joka hallintamenetelmänsä puutteiden vuoksi aiheutti virhetilanteen. Esimerkiksi päivitysvirheet olivat tekijöitä, joissa kokonaisuutta ei oltu osattu huomioida päiviystä suunnitelmassa ja tehdessä. Ristiriippuvuudet olivat hyvin samankaltaisia, jossa toisessa tietojärjestelmässä toteutunut muutos tai virhetilanne heijastui eri tietojärjestelmään. Ristiriippuvuuksien virheitä olisi monessa tilanteessa voitu ehkäistä paremmalla muutostenhallintaprosessilla, joka olisi esimerkiksi huomioinut muutosten vaikutuksia ulkoisiin järjestelmiin. Inhimilliset virheet kategorisoitiin samaan teemaan, näiden juurisyynä nähtiin myös olevan muutostenhallinnan puutteet. Vaikka inhimilliset virheet edustivatkin vahinkoja sekä epähuomiossa tehtyjä virheitä, olisi moni palvelukatko pystytty välttämään jos muutoksen toteuttaminen olisi tapahtunut systemaattisen prosessin kautta. Toisin sanoen inhimillisten virheiden juurisyynä koettiin olevan hallitsematon muutos, joka mahdollisti vahinkotilanteen syntymisen. Ohjelmistot-teemaan verrattuna muutostenhallinta-teemassa on kyse nimenomaan muutosprosessista ja niiden hallitsemisesta, ohjelmistot-teemalla fokus taas keskittyy ohjelmistojen laatuun joka ulottuu erityisesti ohjelmistokehitykseen ja sen parhaisiin käytäntöihin.

Järjestelmien hallinta-teema piti sisällään palvelukatkojen aiheuttajia, joiden juurisyynä koettiin olevan itse järjestelmän hallintamallin puutteet. Järjestelmän hallintaan luokiteltiin kuuluvan neljä eri aiheuttajaa, jotka olivat palautumisen ohjeet, tietoturva, tallennustila sekä ylikuormitus. Nämä olivat tekijöitä, joihin olisi voitu vaikuttaa järjestelmän hallintamenetelmien kautta. Esimerkiksi palautumisen ohjeet oli selkeästi tähän kuuluva aiheuttaja, koska tässä virhetilanteesta palautumiseen ei ollut riittävää ohjeistusta, eli järjestelmän hallintamenetelmät eivät olleet asianmukaisesti toteutettuja. Tietoturvan suhteen kyseessä nähtiin sama juurisyys, koska havaitut tietoturvavirheet aiheutuivat järjestelmän tietoturvamenetelmien hallinnan puutteista. Tallennustilan virheet ja ylikuormitus asettuivat samaan teemaan, koska näiden aiheutuminen nähtiin viittaavaan etenkin järjestelmän valvonnan puutteisiin. Hyvin hallinoitu ja valvottu tietojärjestelmä kykenisi siis ilmoittamaan tallennustilan merkittävästä vähenemisestä tai äkillisestä käyttäjämäärän lisääntymisestä, jolloin automaatio tai ylläpito pystyisivät reagoimaan tilanteeseen ennen sen eskaloitumista.

Suunnittelemattomien palvelukatkojen juurisyynä nähtiin siis olevan nämä neljä teemaa, joiden puutteet tai ongelmat koettiin perimmäisenä syynä katkojen aiheuttajille.

8.3 Palvelutuotannon laadun parantaminen

Tutkimukseni kolmas tutkimuskysymys oli ”*miten palvelutuotannon laatua voidaan parantaa?*”, johon pyrittiin vastaamaan etenkin peilaten tutkimukseni kirjallisuuskatsausosioon. Aiemmasta kirjallisuudesta voidaan todeta IT-palveluiden hallinnasta löytyvän useita selkeästi määriteltyjä viitekehyksiä, joiden alle on koottu toimialan parhaita käytäntöjä. Esimerkiksi ITIL määrittää erilaisia valmiita prosesseja IT-palveluiden hallintaan, se auttaa hallinnoimaan organisaation resursseja tehokkaalla tavalla ja vähentämään tätä kautta toistuvia palvelukatkoja. Organisaation tulisi siis mieluummin noudattaa hyväksi havaittua hallintamallia, toimialan parhaita käytäntöjä, sen sijaan että palveluita hallittaisiin seikkaperäisesti tai tietojärjestelmien kehittäminen ei olisi systemaattista. Hyvin toteutettu ja systemaattinen hallintamalli auttavat koordinoimaan järjestelmäkehittämistä sekä sen hallintaa.

Tietojärjestelmän ja palvelutuotannon kannalta perustavan tekijänä on hyvin suunniteltu infrastruktuuri, jonka tärkeimmät komponentit on kahdennettu estämään yksittäisen virhekohdan aiheuttamat palvelukatkot. Palvelutuotannon vakauden kannalta tärkeinä prosesseina nähdään tämän tutkimuksen perusteella olevan ohjelmistokehityksen laadunvalvonta ja yleinen muutostenhallinta tietojärjestelmän hallinnassa. Näiden tehtävänä on edistää laadunhallintaa järjestelmään toteutetuille muutoksille, jossa tärkeitä työkaluja ovat ohjelmistokehittämisen suuntaviivat sekä testaaminen. Ohjelmistojen kehittäminen ja järjestelmien konfigurointi tulee olla hallittua ja dokumentoitua, esimerkiksi ohjelmointikäytännöille olisi hyvä olla omat käytäntönsä laadun varmistamiseksi. Muutostenhallinnassa taas muutokset tulee testata hyvin, mutta samalla huolehtia myös regressiotestauksesta, eli olemassa olevien toimintojen testauksesta. Uusi muutos ei siis saa rikkoa nykyisiä toimintoja. Erityisesti testaukseen tulisi keskittää resursseja, koska se auttaa vähentämään virheiden määrää. Virheet taas saattavat aiheuttaa palvelukatkoja, joten muutoksenhallinnalla ja testauksella tulisi olla selkeä rooli organisaatiossa, joka haluaa vähentää palvelukatkojen määrää. Järjestelmien hallinnan kannalta oleellista taas on kehittää hyvä hallintamalli, joka kattaa esimerkiksi häiriötilanteiden menettelyt, palautumisen vastuut ja järjestelmien valvonnan. Myös tässä on hyvä hyödyntää olemassa olevia parhaiden käytäntöjen viitekehyksiä, kuten ITIL:iä.

Edellä esitetyistä perusteluihin pohjautuen, organisaation tulisi siis:

1. Suunnitella vikasietoinen, korkean saatavuuden infrastruktuuri
2. Hyödyntää olemassa olevia viitekehyksiä parhaiden hallintamallien toteuttamiseksi
3. Määritellä näiden avulla erityisesti muutosten-, järjestelmien- ja laadunvalvonnan prosessit, joilla koordinoidaan ohjelmistokehitystä, muutoksia ja tietojärjestelmien hallintaa
4. Varata riittävästi resursseja testaukseen ja laadunvalvontaan, että toimintatapoja myös konkreettisesti noudatetaan tietojärjestelmien kehityksessä

Tutkimustuloksiin ja aiempaan kirjallisuuteen peilaten, voidaan katsoa näiden tekijöiden auttavan IT-palvelutuotannon laadun parantamisessa ja palvelukatkojen määrän vähentämisessä.

8.4 Luotettavuuden arviointi ja mahdolliset jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan arvioida sen reliabiliteetin ja validiteetin kautta. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa reliabiliteetilla tarkoitetaan tutkimustulosten toistettavuutta, ja validiteetilla taas oikeiden asioiden mittaamista, eli että tutkimus mittaa juuri niitä asioita joita se kuvittelee mittaavansa. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa reliabiliteetti ja validiteetti konseptualisoidaan tutkimuksen kurinalaisuudeksi, laaduksi ja luotettavuudeksi. Kvalitatiivisen tutkimuksen laadun arvioiminen voi olla tutkimuskohtaista, ja sen tulisi olla sovitettu kyseisen tutkimuksen kriteereihin (Golafshani, 2003).

Tähän suhteutettuna olen pyrkinyt lisäämään tutkimukseni reliabiliteettia ja validiteettia erityisesti kurinalaisuuden ja tutkimustyön läpinäkyvyyden kautta. Olen pyrkinyt kuvaamaan ja perustelemaan käytetyn tutkimusmenetelmän, aineiston keräämismenetelmän sekä sen analysointimetodin. Aineisto kerättiin usealta eri organisaatiolta jotka toimivat erilaisilla toimialoilla ja vaihtelevissa ympäristöissä, tällä pyrittiin lisäämään tulosten laadukkuutta sekä luotettavuutta. Analysointi toteutettiin mahdollisimman kurinalaisesti, muodostaen ensin aiemman kirjallisuuden pohjalta synteesi jota hyödynnettiin tutkimusaineiston koodaamisessa. Tämän perusteluja ja toteutusta on avattu tutkimustulosten esittelyn yhteydessä, jonka tavoiteena on juuri läpinäkyvyyden lisääminen tutkimustyötä kohtaan.

Tutkimukseni kuvasi palvelukatkojen esiintymistä eri organisaatioiden nykyaikaisissa tietojärjestelmissä, tutkien näiden aiheuttajia sekä todellisia juurisyytä. Mukaan osallistuneet organisaatiot hyödynsivät monipuolisesti eri tietojärjestelmiä. Tästä on johdettavissa myös useita eri jatkotutkimuksen aiheita. Yksi mahdollinen aihe on esimerkiksi palvelukatkojen määrän esiintymisen mahdolliset erot pilvipalveluiden ja perinteisten järjestelmien välillä, koska näiden keskinäiset eroavaisuudet saattavat aiheuttaa erilaiset lähtökohdat palvelutuotannon laadulle. Toinen mahdollinen jatkotutkimuksen aihe on ohjelmistokehityksen laadunvalvontamenetelmät palvelukatkojen varalle. Tutkimuksessani tunnistettiin ohjelmistovirheet palvelukatkojen yleisimmäksi aiheuttajaksi, jonka vuoksi aihe kaipaa edelleen jatkotutkimuksia selittämään ja hallitsemaan tämän riskejä, sekä toimimaan aiempien tutkimusten tukena. Kolmantena jatkotutkimuskohteena voisi olla eri kehittämismenetelmien mahdolliset vaikutukset palvelukatkoja aiheuttaviin virhetilanteisiin. Tämänkaltainen tutkimus voisi vertailla esimerkiksi ketterien kehittämismenetelmien vaikutusta ilmiöön, suhteessa perinteisiin kehittämismenetelmiin.

9 YHTEENVETO

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli perehtyä monipuolisesti eri organisaatioiden hyödyntämiin tietojärjestelmiin ja tutkia näissä kohdattuja suunnittelemattomia palvelukatkoja. Työ alkoi tutkimuksen suunnittelelulla ja perehtymisellä aiempiin tieteellisiin tutkimuksiin aihepiiristä, jonka perusteella muodostettiin kolme tutkimuskysymystä. Nämä olivat *"mitkä häiriöt aiheuttavat suunnittelemattomia palvelukatkoja tietojärjestelmille?"*, *"mikä on näiden suunnittelemattomien palvelukatojen juurisyy?"* ja *"miten palvelutuotannon laatua voidaan parantaa?"*.

Tutkimukseni kirjallisuuskatsaus perehtyi aiempiin tieteellisiin tutkimuksiin IT-palveluiden hallinnasta ja sen parhaista käytännöistä, sekä selvitti näiden vaikutuksia tietojärjestelmien palvelun laatuun. Tämän motivaationa oli etsiä keinoja palveluiden hallinnan menetelmistä, joita hyödyntämällä olisi mahdollista toteuttaa laadukasta palvelutuotantoa ja vähentää palvelukatojen määrää. Lisäksi kirjallisuuskatsaus perehtyi myös aiempiin tutkimuksiin palvelukatoista, sekä syventyi näiden havaintoihin ja tuloksiin. Kirjallisuuskatsauksen pohjalta totesin toimialalla olevan useita, selkeästi määriteltyjä viitekehyksiä, jotka ohjaavat organisaatiota IT-palveluiden hallinnan parhaiden käytäntöjen noudattamisessa. Näiden avulla organisaatio voi ottaa käyttöönsä valmiita prosesseja eri osa-alueille, kuten tietojärjestelmien muutostenhallintaan. Aiemmista palvelukatoihin perehtyneistä tutkimuksista taas muodostin synteettisen palvelukatkoja aiheuttavista tekijöistä, jota hyödynsin tutkimuksen empiirisessä osiossa.

Tutkimuksen empiirisessä osuudessa keräsin aineistoa viideltä eri organisaatiolta näiden kohtaamista dokumentoiduista palvelukatoista. Aineisto koodattiin hyödyntämällä syntetisoimaani palvelukatojen aiheuttajia, jonka jälkeen koodattu aineisto teemoiteltiin. Aineistosta havaittiin kaksitoista aiheuttajaa palvelukatoille, jotka luokiteltiin neljään teemaan. Palvelukatojen aiheuttajia olivat ohjelmistovirheet, verkkovirheet, konfiguraatiovirheet, inhimilliset tekijät, tallennustila, laitteisto, ristiriippuvuudet, päivitys, virta, tietoturva ja palautumisen ohjeet. Näiden nähtiin sisältyvän neljään teemaan, jotka olivat infrastruktuuri, ohjelmistot, muutostenhallinta ja järjestelmien hallinta. Tutkimustuloksia pohdittiin vastatakseen asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tieto-

järjestelmän tuotantoympäristön virhetilanteet aiheuttavat järjestelmän palvelukatkoja, virheet taas aiheutuivat monesti ohjelmisto-, verkko- tai konfiguraatiovirheistä, joilla oli ei-toivottuja haittavaikutuksia. Tämä viittaa puutteisiin esimerkiksi ohjelmistojen laadunhallinnassa ja muutostenhallinnassa. Laadunhallinnalla tavoitellaan vähävirheistä ja laadukasta ohjelmistoa, jota edistetään esimerkiksi hallitulla testausprosessilla. Muutostenhallinnalla taas tavoitellaan systemaattista tietojärjestelmän elinkaarenhallintaa, jossa vain hyödyllisiä muutoksia otetaan käyttöön samalla kontrolloiden muutosten julkaisun aikataulua. Laadunhallinta ja muutostenhallinta kulkevat osittain käsi kädessä esimerkiksi palvelukatkojen aiheutumisen suhteen: heikkolaatuiset ja nopeasti ilman kontrollia julkaistut muutokset ovat omiaan aiheuttamaan järjestelmän virhetilanteita, jotka voivat johtaa palvelukatkoihin. Testauksen puute nähtiin tässä yhtenä kompastuskivenä, mutta tässä yhteydessä tulokset eivät selitä miksi testausta on mahdollisesti laiminlyöty. Tätä voidaan hallita varmistamalla testauksen riittävä resursointi, mikä luonnollisesti edellyttää oman määränsä aikaa ja rahaa. Infrastruktuurin ongelmat aiheuttavat myös palvelukatkoja, erityisesti osat alueet jotka eivät olleet riittävän vikasietoisia. Korkean saavutettavuuden takaamiseksi organisaatiot voivat investoida infrastruktuurinsa vikasietoisuuden lisäämiseen, mutta tämä toki tuottaa jälleen omalta osaltaan lisäkustannuksia. Järjestelmien hallinta nähtiin vielä yhtenä palvelukatkojen juurisyynä, koska monessa tilanteessa organisaatiolta puuttui selkeä hallintamalli tietojärjestelmän kohtaaamiin eri ongelmatilanteisiin ja niihin reagointiin. Järjestelmien hallintaan on hyödynnettävissä valmiita viitekehyksiä, joiden avulla voidaan hyödyntää tietojärjestelmien hallinnan parhaita käytäntöjä.

Tutkimuksen johtopäätöksenä esitin, että palvelukatkoja vähentääkseen organisaation tulisi suunnitella käyttämänsä infrastruktuuri mahdollisimman vikasietoiseksi, hyödyntää parhaita käytäntöjä palveluiden hallinnassa, määrittellä selkeät laadun- ja muutostenhallinnan prosessit. Lisäksi tähän tulisi varata riittävästi resursseja, että prosesseja myös noudatetaan suunnitellulla tavalla. Tämä auttaa varmistamaan laadukasta palvelutuotantoa ja siten myös vähentämään tietojärjestelmän virhetilanteita sekä suunnittelemattomia palvelukatkoja.

Tietojärjestelmät ovat entistä vahvemmin läsnä meidän jokapäiväistä elämäämme, niin työssä kuin arjessa. Näiden merkitys tuntuu vain kasvavan tulevaisuudessa. Voidaankin siis aiheellisesti esittää, että investoinnit tietojärjestelmien palvelutuotantoon ovat perusteltuja tämän toimintavarmuuden ja laadun takaamiseksi.

LÄHTEET

- Agrawal, H., Horgan, J. R., Krauser, E. W., & London, S. A. (1993, Syyskuu). Incremental regression testing. *1993 Conference on Software Maintenance* (s. 348-357). IEEE.
- Aguiar, J., Pereira, R., Vasconcelos, J. B., & Bianchi, I. (2018). An overlapless incident management maturity model for multi-framework assessment (ITIL, COBIT, CMMI-SVC). *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 13, s. 137-163
- Bahsani, S., Himi, A., Moubtakir, H., & Semma, A. (2011). Towards a pooling of ITIL V3 and COBIT. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 8(6), 185-191.
- Bartolini, C., Stefanelli, C., & Tortonesi, M. (2010, Syyskuu). SYMIAN: Analysis and performance improvement of the IT incident management process. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 7(3), s. 132-144.
- Birman, K., Van Renesse, R., & Vogels, W. (2004, Toukokuu). Adding high availability and autonomic behavior to web services. *Teoksessa Proceedings. 26th International Conference on Software Engineering* (s. 17-26). IEEE.
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative research journal*, 9(2), s. 27-40.
- Bryman, A., & Burgess, B. (2002). Reflections on qualitative data analysis. *Teoksessa Bryman, A. & Burgess, B. (toim.) Analyzing qualitative data* (s. 216-226). Lontoo: Routledge.
- Burton-Jones, A., & Straub Jr, D. W. (2006). Reconceptualizing system usage: An approach and empirical test. *Information systems research*, 17(3), s. 228-246.
- Cappuccio, D. (2013). Ensure Cost Balances Out With Risk in High-Availability Data Centers. Gartner, heinäkuu 2013.
<https://www.gartner.com/en/documents/2333115/ensure-cost-balances-out-with-risk-in-high-availability->
- Cater-Steel, A., Toleman, M., & Tan, W. G. (2006, Joulukuu). Transforming IT service management-the ITIL impact. *Teoksessa Proceedings of the 17th Australasian Conference on Information Systems (ACIS 2006)*. Australasian Association for Information Systems.

- Conger, S., & Probst, J. (2014). Knowledge management in ITSM: Applying the dikw model. Teoksessa *Engineering and Management of IT-based Service Systems* (s. 1-18). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Conger, S., Winniford, M., & Erickson-Harris, L. (2008, Elokuu). Service management in operations. Teoksessa *AMCIS 2008 Proceedings* (s. 14-17).
- Corbin, J. & Strauss, A. (2008). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory* (3. painos). Thousand Oaks: Sage Publications.
- Cotroneo, D., De Simone, L., Liguori, P., Natella, R., & Bidokhti, N. (2019, Elokuu). How bad can a bug get? an empirical analysis of software failures in the OpenStack cloud computing platform. Teoksessa *Proceedings of the 2019 27th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering* (s. 200-211). ACM.
- Cusick, J. J., & Ma, G. (2010). Creating an ITIL inspired Incident Management approach: Roots, response, and results. Teoksessa *2010 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium Workshops* (s. 142-148). IEEE.
- Darke, P., Shanks, G. & Broadbent, M. (1998). Successfully completing case study research: Combining rigour, relevance and pragmatism. *Information Systems Journal*, 8(4), s. 273-289.
- De Haes, S., Van Grembergen, W., & Debreceeny, R. S. (2013). COBIT 5 and enterprise governance of information technology: Building blocks and research opportunities. *Journal of Information Systems*, 27(1), s. 307-324.
- Delone, W. H., & McLean, E. R. (2003). The DeLone and McLean model of information systems success: a ten-year update. *Journal of management information systems*, 19(4), s. 9-30.
- Dubendorfer, T., Wagner, A., & Plattner, B. (2004, Kesäkuu). An economic damage model for large-scale internet attacks. Teoksessa *13th IEEE International Workshops on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises* (s. 223-228). IEEE.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building Theories from Case Study. *Academy of Management Review*, 14(4), s. 532-550.
- Enriquez, P., Brown, A., & Patterson, D. A. (2002, Heinäkuu). Lessons from the PSTN for dependable computing. Teoksessa *Workshop on Self-Healing, Adaptive and Self-Managed Systems*. Haettu osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/David_Patterson7/publication/228908709_Lessons_from_the_PSTN_for_dependable_computing/links/02bfe5106441280abe000000/Lessons-from-the-PSTN-for-dependable-computing.pdf

- Feinbube, L., Tröger, P., & Polze, A. (2016). *The landscape of software failure cause models*. arXiv preprint arXiv:1603.04335.
- Fischer, E. & Parmentier, M. A. (2010). Doing qualitative research with archival data: making secondary data a primary resource. Teoksessa Campbell, M. C., Inman, J. & Pieters, R. (toim.), *Advances in Consumer Research Volume 37* (s. 798-799). Association for Consumer Research.
- Gannon, B. (2013). Outsiders: an exploratory history of IS in corporations. *Journal of Information Technology*, 28(1), s. 50-62.
- Ghanbari, H., Vartiainen, T., & Siponen, M. (2018). Omission of Quality Software Development Practices: A Systematic Literature Review. *ACM Computing Surveys*, 51(2), s. 38:1-38:27. doi:10.1145/3177746
- Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report*, 8(4), s. 597-607.
- Gorla, N., Somers, T. M., & Wong, B. (2010). Organizational impact of system quality, information quality, and service quality. *The Journal of Strategic Information Systems*, 19(3), s. 207-228.
- Gunawi, H. S., Hao, M., Leesatapornwongsa, T., Patana-anake, T., Do, T., Adityatama, J., Eliazar, K. J., Laksono, A., Lukman, J. F., Martin, V. & Satria, A. D. (2014, Marraskuu). What bugs live in the cloud? A study of 3000+ issues in cloud systems. Teoksessa *Proceedings of the ACM Symposium on Cloud Computing* (s. 1-14). ACM.
- Gunawi, H. S., Hao, M., Suminto, R. O., Laksono, A., Satria, A. D., Adityatama, J., & Eliazar, K. J. (2016, Lokakuu). Why does the cloud stop computing? Lessons from hundreds of service outages. Teoksessa *Proceedings of the Seventh ACM Symposium on Cloud Computing* (s. 1-16).
- Gupta, R., Prasad, K. H., & Mohania, M. (2008, Kesäkuu). Automating ITSM incident management process. Teoksessa *2008 International Conference on Autonomic Computing* (s. 141-150). IEEE.
- Harjumaa, M. (8.4.2019). S-Pankin mobiilisovelluksessa häiriö – asiakkaat näkivät vieraita tilitietoja. *Yle Uutiset*. Haettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10728822>
- Herriott, R. E., & Firestone, W. A. (1983). Multisite qualitative policy research: Optimizing description and generalizability. *Educational researcher*, 12(2), s. 14-19.
- Hosono, S., & Shimomura, Y. (2017). Bridging On-site Practices and Design Principles for Service Development. *Procedia CIRP*, 60 (2017), s. 422-427.

- Huang, P., Guo, C., Zhou, L., Lorch, J. R., Dang, Y., Chintalapati, M., & Yao, R. (2017, Toukokuu). Gray failure: The achilles' heel of cloud-scale systems. Teoksessa *Proceedings of the 16th Workshop on Hot Topics in Operating Systems* (s. 150-155). ACM.
- Huygh, T., De Haes, S., Joshi, A., & Van Grembergen, W. (2018, Tammikuu). Answering key global IT management concerns through IT governance and management processes: A COBIT 5 View. Teoksessa *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (s. 5335-5344). IEEE.
- Hoffmann, G. A., Salfner, F., & Malek, M. (2004). *Advanced failure prediction in complex software systems*. Department of Computer Science, Humboldt University, Berlin, Germany. Haettu osoitteesta <https://edoc.hu-berlin.de/bitstream/handle/18452/3152/172.pdf?sequence=1>
- Holmes, A. & DeFrancesco, D. (5.3.2020). Angry Robinhood users say they missed out on making thousands during the stock-trading app's outages, but a big class-action suit is unlikely. *Business Insider*. Haettu osoitteesta <https://www.businessinsider.com/robinhood-users-missed-out-on-thousands-apps-outages-2020-3?r=US&IR=T>
- Hou, C. K. (2012). Examining the effect of user satisfaction on system usage and individual performance with business intelligence systems: An empirical study of Taiwan's electronics industry. *International Journal of Information Management*, 32(6), s. 560-573.
- Hsieh, P. J., & Lin, W. S. (2018). Explaining resistance to system usage in the PharmaCloud: A view of the dual-factor model. *Information & Management*, 55(1), s. 51-63.
- Joensuu, J. (9.1.2020). Satasairaalan tietoverkkokatkos jäädyytti potilastietojärjestelmät tunneiksi, myös Porin perusturvassa oli ongelmia. *Yle Uutiset*. Haettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11149405>
- Johnston, R., & Clark, G. (2008). *Service operations management: Improving service delivery*. Essex: Pearson Education.
- Kambil, A. (2009). A head in the clouds. *Journal of Business Strategy*, 30(4), s. 58-59.
- Karjalainen, A. (1.2.2019). Nordean verkkopankissa oli häiriöitä - nyt palvelut toimivat normaalisti. *Aamulehti*. Haettu osoitteesta <https://www.aamulehti.fi/a/201435654>
- Kirjanpitolaki. (1997). Annettu 30.12.1997/1336. Haettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1997/19971336#L1P4c>

- Korhonen, S. (11.2.2019). Tästä Apotin ongelmissa on kyse: Lääkelistat pitää tarkistaa, potilaiden kotiutus ja siirto hidasta. *Mediuutiset*. Haettu osoitteesta <https://www.medi uutiset.fi/uutiset/tasta-apotin-ongelmissa-on-kyse-laakelistat-pitaa-tarkistaa-potilaiden-kotiutus-ja-siirto-hidasta/c8b7cf9f-990a-43dd-9586-00d07e79cd66>
- Labuschagne, A. (2003). Qualitative research: Airy fairy or fundamental. *The qualitative report*, 8(1), s. 100-103.
- Larsen, E., Haubitz, C., Wernz, C., & Ratwani, R. (2016, Tammikuu). Improving electronic health record downtime contingency plans with discrete-event simulation. Teoksessa *2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (s. 3179-3188). IEEE.
- Li, Z., Liang, M., O'Brien, L. & Zhang, H. (2013). The Cloud's Cloudy Moment: A Systematic Survey of Public Cloud Service Outage. *International Journal of Cloud Computing and Services Science*, 2(5), s. 1-16. doi: 10.11591/closer.v2i5.5125
- Lin, H. F. (2010). An investigation into the effects of IS quality and top management support on ERP system usage. *Total Quality Management and Business Excellence*, 21(3), s. 335-349.
- Liu, H., Lu, S., Musuvathi, M., & Nath, S. (2019, Toukokuu). What bugs cause production cloud incidents?. Teoksessa *Proceedings of the Workshop on Hot Topics in Operating Systems* (s. 155-162). ACM.
- Marcu, P., Grabarnik, G., Luan, L., Rosu, D., Shwartz, L., & Ward, C. (2009, Kesäkuu). Towards an optimized model of incident ticket correlation. Teoksessa *2009 IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management* (s. 569-576). IEEE.
- Marcu, P., Shwartz, L., Grabarnik, G., & Loewenstern, D. (2009, Syyskuu). Managing faults in the service delivery process of service provider coalitions. Teoksessa *2009 IEEE International Conference on Services Computing* (s. 65-72). IEEE.
- Metsämuuronen, J. (2009). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä* (4. painos). Helsinki: International Methelp, Booky.fi.
- Mettovaara, V., Siponen, M. T., & Lehto, J. A. (2006). Collaboration in software development: Lesson learned from two large multinational organizations. *Proceedings of The Tenth Pacific Asia Conference on Information Systems* (s. 1017-1031). PACIS.

- Messejana, J., Pereira, R., Ferreira, J. C., & Baptista, M. (Heinäkuu, 2019). Predictive Analysis of Incidents based on Software Deployments. Teoksessa *2019 Proceedings of the World Congress on Engineering*. WCE.
- Michael, S., Michael, B., & Thomas, S. (2019, Huhtikuu). IT service management frameworks compared—simplifying service portfolio management. Teoksessa *2019 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)* (s. 421-427). IEEE.
- Mora, M., Wang, F., Gómez, J. M., & Díaz, O. (2019, Lokakuu). A Comparative Review on the Agile Tenets in the IT Service Management and the Software Engineering Domains. Teoksessa *International Conference on Software Process Improvement* (s. 102-115). Springer, Cham.
- Myers, M. D. & Newman, M. (2007). The qualitative interview in IS research: Examining the craft. *Information and Organization*, 17(1), s. 2-26.
- Neamtiu, I., & Dumitraş, T. (2011, Syyskuu). Cloud software upgrades: Challenges and opportunities. Teoksessa *2011 International Workshop on the Maintenance and Evolution of Service-Oriented and Cloud-Based Systems* (s. 1-10). IEEE.
- Nelson, R. R., Todd, P. A., & Wixom, B. H. (2005). Antecedents of information and system quality: an empirical examination within the context of data warehousing. *Journal of management information systems*, 21(4), s. 199-235.
- Nelson, N. C. (2007). Downtime procedures for a clinical information system: a critical issue. *Journal of critical care*, 22(1), s. 45-50.
- Newburger, E. (1.4.2019). Major US airlines coming back online after systemwide outages, delays are expected. *CNBC*. Haettu osoitteesta <https://www.cnbc.com/2019/04/01/southwest-delta-united-airlines-say-they-are-experiencing-systemwide-outages.html>
- O'Callaghan, K., & Mariappanadar, S. (2008). Restoring service after an unplanned IT outage. *IT Professional*, 10(3), s. 40-45.
- Oppenheimer, D., Ganapathi, A., & Patterson, D. A. (2003, Maaliskuu). Why do Internet services fail, and what can be done about it?. Teoksessa *4th USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems* (s. 1-16).
- Oral, B., Cullen, R. M., Diaz, D. L., Hod, E. A., & Kratz, A. (2015). Downtime procedures for the 21st century: using a fully integrated health record for uninterrupted electronic reporting of laboratory results during laboratory information system downtimes. *American journal of clinical pathology*, 143(1), s. 100-104.

- Palilingan, V. R., & Batmetan, J. R. (2018). Incident management in academic information system using ITIL framework. Teoksessa *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 306, No. 1, p. 012110). IOP Publishing.
- Parnas, D. L., & Lawford, M. (2003). The role of inspection in software quality assurance. *IEEE Software*, 29(8), s. 674-676.
- Peña, J. J. S., Vicente, E. F., & Ocaña, A. M. (2013). ITIL, COBIT and EFQM: can they work together?. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 4(1), s. 54-64.
- Penuel, K. B., Statler, M., & Hagen, R. (Eds.). (2013). *Encyclopedia of crisis management*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Petter, S., DeLone, W. & McLean, E. (2008). Measuring information systems success: models, dimensions, measures and interrelationships. *European Journal of Information Systems*, 17(3), s. 236-263. doi:10.1057/ejis.2008.15
- Pertet, S. & Narasimhan, P. (2005). *Causes of failure in web applications*. Carnegie Mellon University, tekninen raportti. CMUPDL-05-109
- Rader, D. (2012). How cloud computing maximizes growth opportunities for a firm challenging established rivals. *Strategy & Leadership*, 40(3), s. 36-43.
- Rouse, M., Bigelow, S. J. & Korzeniowski, P. (2018). *IT Service Delivery*. Haettu osoitteesta <https://searchitoperations.techtarget.com/definition/IT-service-delivery-information-technology-service-delivery>
- Runeson, P. (2006). A survey of unit testing practices. *IEEE Software*, 23(4), s. 22-29.
- Ruokangas, P. (12.12.2019). Rovaniemen kaupungin terveystasemilla ruuhkaa – taas häiriö tietojärjestelmässä. *Yle Uutiset*. Haettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11115195>
- Saarelainen, K., & Jäntti, M. (2015, Syyskuu). A case study on improvement of incident investigation process. Teoksessa *European Conference on Software Process Improvement* (s. 17-28).
- Salomaa, M. & El Kamel, S. (27.9.2019). Apotti-järjestelmä toimii jälleen, kaivinkone katkaisi tieto-liikenne-kaapelin ja verkko-yhteydet Vantaalla. *Helsingin Sanomat*. Haettu osoitteesta <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000006252723.html>
- Sahibudin, S., Sharifi, M., & Ayat, M. (2008, Toukokuu). Combining ITIL, COBIT and ISO/IEC 27002 in order to design a comprehensive IT

framework in organizations. Teoksessa *2008 Second Asia International Conference on Modelling & Simulation (AMS)* (s. 749-753). IEEE.

Schermann, G., Cito, J., Leitner, P., & Gall, H. C. (2016). Towards quality gates in continuous delivery and deployment. Teoksessa *2016 IEEE 24th international conference on program comprehension (ICPC)* (s. 1-4).

Silverman, D. (1993). *Interpreting qualitative data: methods for analysing talk, text and interaction*. Thousand Oaks: Sage Publishing.

Smith, M. A. J., & Dekker, R. (1997). Preventive maintenance in a 1-out-of-n system: the uptime, downtime and costs. *European Journal of Operational Research*, 99(1997), s. 565-583.

STT, Näveri, A. & Konttinen, M. (27.12.2019). Häiriöt ovat jatkuneet illalla Danske Bankin palveluissa – Iltapäivällä vika näytti hetkellisesti jo korjaantuneen. *Yle Uutiset*. Haettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11135093>

Strömberg, J. (18.6.2019). OP:n tunnistautumisen julkishallinnon palveluihin ongelmia jo viikon ajan. *Yle Uutiset*. Haettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10838211>

Syrjälä, L. (1994). Tapaustutkimus opettajan ja tutkijan työvälineenä. Teoksessa L. Syrjälä, S. Ahonen & S. Saari (toim.), *Laadullisen tutkimuksen työtapoja* (s. 10-66). Helsinki: Kirjayhtymä Oy.

Sørebø, Ø., & Eikebrokk, T. R. (2008). Explaining IS continuance in environments where usage is mandatory. *Computers in Human Behavior*, 24(5), s. 2357-2371.

Taneja, H. (22.1.2019). The Era of “Move Fast and Break Things” Is Over. *Harvard Business Review*.

Tracey, S. (2013). *Qualitative research methods; collecting evidence, crafting analysis, communicating impact*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell.

Tsohou, A., Siponen, M. & Newman, M. (2019). How does information technology-based service degradation influence consumers' use of services? An information technology-based service degradation decision theory. *Journal of Information Technology*, 34(4), s. 1-23. doi: 10.1177/0268396219856019

Vartiainen, T., & Siponen, M. T. (2012). What Makes Information System Developers Produce Defective Information Systems For Their Clients? Teoksessa *Proceedings of Pacific Asia Conference on Information Systems, 2012*. Paper 107.

- Walliman, N. (2006) Data collection methods. Teoksessa Walliman, N. (toim.), *Social research methods* (s. 83-100). Lontoo: SAGE Publications, Ltd.
- Warren, T. (2.6.2019). Google recovers from outage that took down YouTube, Gmail, and Snapchat. *The Verge*. Haettu osoitteesta <https://www.theverge.com/2019/6/2/18649635/youtube-snapchat-down-outage>
- Williamson, K. (2018). Questionnaires, individual interviews and focus group interviews. Teoksessa K. Williamson & G. Johanson (toim.), *Research methods: Information, systems, context* (2. painos). Cambridge, Massachusetts: Chandos Publishing.
- Xu, T., Jin, X., Huang, P., Zhou, Y., Lu, S., Jin, L., & Pasupathy, S. (2016). Early detection of configuration errors to reduce failure damage. Teoksessa *12th {USENIX} Symposium on Operating Systems Design and Implementation ({OSDI} 16)* (s. 619-634).
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: design and methods* (4. painos). Thousand Oaks: Sage Publishing.
- Yoo, S., & Harman, M. (2012). Regression testing minimization, selection and prioritization: a survey. *Software Testing, Verification and Reliability*, 22(2), s. 67-120.